

1

ALTERNATIVAS DE GESTIÓN EN EL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN VINALOPÓ-L'ALACANTÍ

COLECCIÓN
EL AGUA EN ALICANTE



MINISTERIO
DE CIENCIA
E INNOVACIÓN



Región Valenciana
Valencia, España



DIPUTACIÓN
DE ALICANTE

ÍNDICE



1



2



3



4



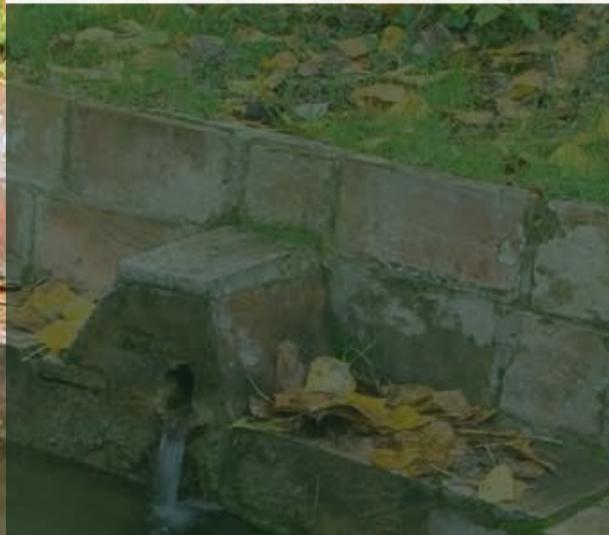
5



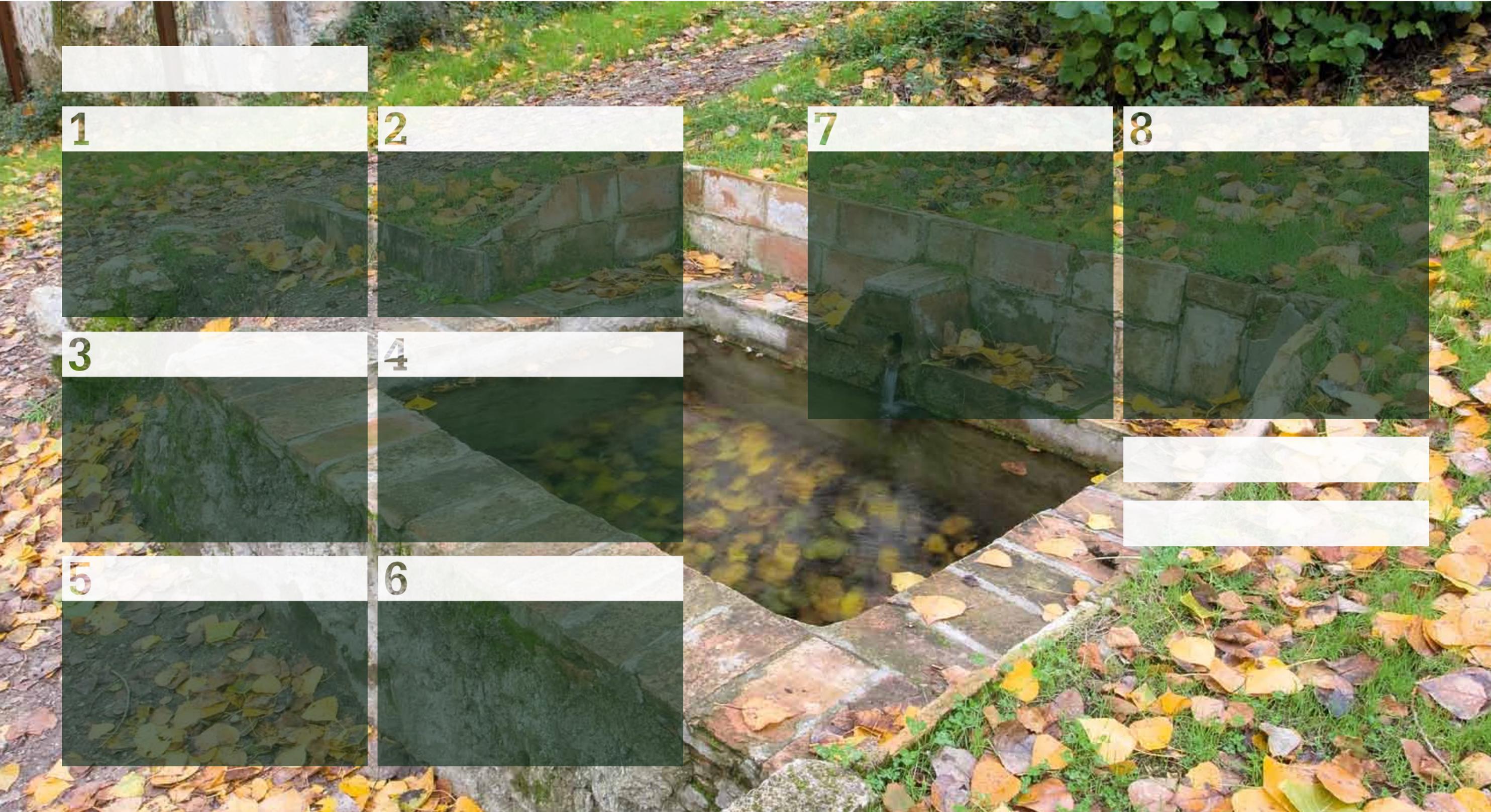
6



7



8



EQUIPO DE TRABAJO

Dirección

Diputación Provincial de Alicante (DPA) - CICLO HÍDRICO
Instituto Geológico y Minero de España (IGME)

Coordinación y Edición de la Colección (Título de la colección)

Juan Antonio López Geta
Luís Rodríguez Hernández

Editores del libro

José Manuel Murillo Díaz
Luís Rodríguez Hernández
Miguel Fernández Mejuto
Juan Antonio Hernández Bravo

AUTORES

I CONCEPTOS GENERALES

José Manuel Murillo Díaz
José Sánchez Guzmán

II ANTECEDENTES Y METODOLOGÍA

Silvino Castaño Castaño
José Sánchez Guzmán
José Manuel Murillo Díaz

III SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS DEL RÍO VINALOPÓ

José Luís Armayor Cachero
José Manuel Murillo Díaz
José Sánchez Guzmán

IV RECURSOS HÍDRICOS. APORTACIONES AL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DEL RÍO VINALOPÓ

Silvino Castaño Castaño
José Sánchez Guzmán
José Manuel Murillo Díaz
Juan de Dios Gómez Gómez

V INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

Silvino Castaño Castaño
Juan de Dios Gómez Gómez
José Manuel Murillo Díaz
José Sánchez Guzmán

VI DEMANDAS Y CONSUMOS

José Luís Armayor Cachero
José Manuel Murillo Díaz
José Sánchez Guzmán

VII UTILIZACIÓN CONJUNTA DE RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RÍO VINALOPÓ. MODELO DE USO CONJUNTO

José Manuel Murillo Díaz
José Sánchez Guzmán
Silvino Castaño Castaño
Juan de Dios Gómez Gómez
José Manuel Murillo Díaz
José Sánchez Guzmán
Javier Roncero
María Pool Ramírez
María del Mar Corral Lledó

Fotografías

Juan José Rodas Martínez. Rodas, Ingeniería de Recursos Naturales

PRESENTACIÓN



José Joaquín Ripoll Serrano
Presidente de la Diputación de Alicante

La publicación que ahora llega a nuestras manos constituye la primera de una nueva colección que contendrá las síntesis hidrológicas de las comarcas alicantinas, desarrollada conjuntamente con el Instituto Geológico y Minero de España. Colección que pretende difundir de modo resumido los conocimientos adquiridos hasta el momento sobre las unidades hidrogeológicas de nuestra provincia por comarcas, diagnosticar su estado así como sus posibilidades de gestión.

El objetivo, por tanto, no es otro que el poner a disposición de los usuarios de las mismas, y de las entidades responsables de la gestión del recurso, una herramienta eficaz que permita conocer nuestra situación hidrogeológica actual, facilitando la planificación tanto de sus usos como del territorio.

En esta primera edición se han tratado conjuntamente las comarcas del Vinalopó y del Alacantí, por constituir una unidad de explotación que recibirá las aguas del trasvase del Júcar. En este caso, la síntesis no se centra solamente en la gestión de las unidades hidrogeológicas sino también en el conjunto de los recursos (subterráneos, trasvasados, reutilizados y desalados) y en sus demandas, analizando distintas alternativas y escenarios, en la búsqueda de soluciones que vengan a paliar tanto la secular sobreexplotación de los acuíferos como la satisfacción de las necesidades de agua de calidad adecuada y coste asumible por los usuarios.

PRESENTACIÓN



José Pedro Calvo Sorando
Director General del IGME

Desde la creación del Instituto Geológico y Minero, hace ahora ciento sesenta años, este Organismo Público de Investigación viene trabajando en la creación y mejora de la infraestructura hidrogeológica, con el objetivo, entre otros, de apoyar a las diferentes instituciones públicas, como es el caso de la Diputación de Alicante, responsables de suministrar agua a los núcleos urbanos e industrias de las provincias que constituyen el territorio español.

La estrecha relación entre la Diputación de Alicante y el IGME, fortalecida por los convenios de colaboración llevados a cabo desde hace más de treinta años, ha dado lugar a una información muy relevante sobre las características hidrogeológicas e hidroquímicas de los acuíferos. Este conocimiento ha permitido afrontar, con rigor científico y técnico, el uso sostenible de este recurso hídrico y contribuir a la conservación de los ecosistemas, tan importantes en esta provincia por lo que representan en cuanto a la flora y fauna presente y por su diversidad geológica e hidrogeológica, como es el caso del Hondo de Elche, las Salinas de Santa Pola o las Lagunas de La Mata-Torrevieja, entre otros espacios presentes en la provincia alicantina.

Los trabajos realizados a lo largo de estos años han generado un gran volumen de información, accesible por los diferentes usuarios mediante medios

informáticos y telemáticos situados en los dos centros, así como a través de varias decenas de publicaciones elaboradas por ambas instituciones. En esta línea de difusión se encuadra la Colección *El Agua en Alicante*, que pretende, con un contenido amigable pero con el rigor científico suficiente, dar a conocer las características de los acuíferos, bien contemplados en sí mismos, como medio de suministro de agua en unos casos, bien como elementos que pueden contribuir a mejorar la capacidad de regulación y a incrementar la garantía de suministro de los sistemas de regulación. Esta plasmación de las características de los acuíferos de la provincia de Alicante se extiende también a su naturaleza de elementos productivos, lúdicos o ambientales que forman parte del territorio.

Quiero manifestar mi satisfacción por la contribución del IGME para que esta publicación sea una realidad, y felicitar a todos los que con su esfuerzo han hecho posible que este documento sea un paso más en la tarea de facilitar el acceso a la información a todos los colectivos profesionales y personas interesadas en el conocimiento de este recurso natural tan importante como es el agua.

1

CONCEPTOS
GENERALES

OBJETIVOS Y ALCANCE DEL ESTUDIO

El Instituto Geológico y Minero de España ha llevado a cabo, en colaboración con la Diputación Provincial de Alicante, numerosos estudios relacionados con la gestión de los recursos hídricos en la cuenca del Río Vinalopó. De estos estudios, una parte importante han estado dirigidos a la aplicación de técnicas de uso conjunto, mediante las que se pretende integrar la explotación de aguas subterráneas de las unidades hidrogeológicas, con el aprovechamiento de los embalses construidos, con la regulación del agua importada de otras zonas a través de los trasvases, así como la incorporación de recursos hídricos procedentes de las denominadas fuentes no convencionales, como las aguas residuales depuradas y las aguas producidas en desaladoras.

Por lo tanto, la finalidad última de los mencionados estudios es la implantación real y operativa del concepto de uso conjunto en la provincia de Alicante. Este objetivo último, sólo será posible si los diferentes estamentos que constituyen la sociedad alicantina llega a conocer su contenido, en un lenguaje entendible por la misma, ya que en su forma original son de una gran complejidad técnica.

El presente documento constituye una memoria síntesis de los contenidos de dichos estudios, y tiene como objetivo permitir la difusión a todas las partes implicadas de los resultados alcanzados y las propuestas emitidas en los mismos.

Los objetivos de los estudios realizados se pueden concretar en los siguientes puntos:

Objetivo principal. Optimización de la gestión de recursos en el Sistema de Explotación del Río Vinalopó, con el apoyo de un modelo de simulación en el que se planteen diversas alternativas de gestión, comprobando su efecto sobre el grado de explotación de las diferentes unidades hidrogeológicas y sobre la garantía de satisfacción de las diferentes demandas. Todo ello, teniendo en cuenta las posibilidades de aplicación de técnicas de recarga artificial y utilización de los acuíferos como almacenes subterráneos, especialmente tomando en consideración la próxima llegada de agua procedente del Sistema de Explotación del Júcar.

Objetivos intermedios. Para alcanzar el objetivo principal mencionado se plantean objetivos secundarios o

intermedios, entre los que se puede destacar:

- Conocimiento de las principales entidades de demanda que se integran en el Sistema: demanda agrícola, demanda urbana y demanda industrial.
- Cuantificación y origen de las extracciones efectuadas por las diferentes entidades para satisfacer dichas demandas.
- Inventario actualizado de infraestructuras hidráulicas del Sistema. Utilización de las diferentes entidades.
- Aplicación final de los recursos hídricos que se van a importar desde el río Júcar y evaluación del ahorro en extracción de agua subterránea del Sistema.

DEFINICIONES

A continuación se exponen algunas definiciones referidas a conceptos manejados en este documento. Una parte de estos conceptos se encuentran explícitamente definidos en documentos oficiales como la Directiva Marco del Agua o el Plan Hidrológico Nacional, de donde se ha extraído la base para estas definiciones.

Ciclo Hidrológico

Es el proceso de la naturaleza que describe el conjunto de movimientos o transferencias de agua en sus distintos estados físicos dentro de la Hidrosfera. Estos movimientos comprenden diferentes fases: evaporación de aguas del mar y de las acumulaciones continentales, traslados de las masas de nubes formadas por la evaporación, precipitación por la condensación del vapor de agua contenida en las masas de nubes, escorrentía por ríos y arroyos de una parte del agua caída, infiltración en el subsuelo de otra parte de la misma, almacenamiento en lagunas y lagos de la superficie de la tierra, almacenamiento en los depósitos subterráneos o acuíferos, evapotranspiración o retorno a la atmósfera a través de las plantas o de la capa más superficial del suelo y, finalmente, salida al mar superficialmente desde los ríos o subterráneamente desde los acuíferos. Todas estas fases son formas diferentes de presentarse el agua como componente único del ciclo en la naturaleza.

Aguas superficiales

Se denominan genéricamente aguas superficiales a las que proceden de la precipitación y circulan por arroyos o ríos o se almacenan en lagunas y lagos. Comprenden todas las aguas continentales (excepto las subterráneas), las aguas de transición y las aguas costeras.

Aguas subterráneas

Se conocen como aguas subterráneas todas aquellas que se han infiltrado y se encuentran en el subsuelo y, tras alcanzar la zona saturada, quedan almacenadas en los poros, fisuras y cavidades de las rocas. Pueden circular desde las zonas más elevadas (de mayor energía potencial) hacia las zonas más bajas (de menor energía potencial) hasta encontrar una vía de salida a la superficie (manantial) a partir de la cual pasa a formar parte del conjunto de las aguas superficiales, o bien hasta alcanzar directamente el mar en la costa.

Acuífero

Se denomina así una formación o conjunto de formaciones geológicas subterráneas que tienen suficiente porosidad y permeabilidad para permitir el almacenamiento y transmisión de un flujo significativo de aguas subterráneas que pueden ser extraídas con obras de captación.

Asimismo, de acuerdo con la Directiva Marco del Agua y con el Plan Hidrológico Nacional se define un acuífero como una o más capas subterráneas de roca o de otros estratos geológicos que tienen la suficiente porosidad y permeabilidad para permitir ya sea un flujo significativo de aguas subterráneas o la extracción de cantidades significativas de aguas subterráneas.

Aportación o escorrentía

Genéricamente, es la parte de la precipitación que escapa a los procesos de evapotranspiración. Se conoce también como lluvia útil. Para una sección concreta de una cuenca se define como el volumen total de agua que pasa por dicha sección en un tiempo determinado. Esta aportación o escorrentía es la suma de dos componentes: una componente llamada superficial, que es la parte de la precipitación que circula y se almacena en arroyos, ríos y lagos, hasta alcanzar finalmente el mar; y otra componente llamada subterránea, que tras infiltrarse alcanza la zona saturada, donde se almacena y circula por los poros, fisuras y cavidades del subsuelo hasta alcanzar el mar.

La delimitación entre ambas componentes no es siempre tan nítida debido a la relación existente entre ríos y acuíferos, de forma que, a veces, agua de los ríos se infiltran incorporándose a la escorrentía o aportación subterránea y otras veces el agua de los acuíferos alcanza la superficie a través de



Escorrentía superficial que circula por el cauce del Vinalopó tras surgir por la Font de la Coveta

los manantiales incorporándose a la escorrentía o aportación superficial.

De esta manera es posible definir cuatro términos o componentes de la escorrentía o aportación total:

Escorrentía estrictamente superficial que es la fracción de la lluvia útil que circula siempre por la superficie hasta su incorporación al mar o a otra masa de agua superficial.

Escorrentía superficial de origen subterráneo que es la fracción de la lluvia útil que después de infiltrarse y circular por un acuífero durante un tiempo y recorrido determinado sale a la superficie a través de un manantial y se incorpora a un flujo de agua superficial.

Escorrentía subterránea de origen superficial que es la fracción de la lluvia útil que tras circular por la

superficie durante un tiempo y recorrido determinado se infiltra a través del lecho de un cauce y circula por un acuífero hasta su salida bien a la superficie de nuevo o al mar.

Escorrentía estrictamente subterránea que es la fracción de lluvia útil que después de infiltrarse se incorpora y circula siempre por el subsuelo hasta su salida definitiva al mar.

Con independencia de estas diferencias entre escorrentía superficial y subterránea que hace alusión a su localización, existe otra característica o propiedad que los distingue y es su velocidad de tránsito en el medio por el que discurren, mientras que las aguas superficiales se mueven muy rápidamente, especialmente en las partes alta y media de los cauces por los que discurren, la velocidad de tránsito de las aguas subterráneas en el subsuelo es muy lenta, considerándose, de

hecho, que el espacio por el que circula –acuífero– es un almacén temporal.

Demanda de agua

Se define la demanda en un determinado momento como la cantidad de agua requerida para satisfacer teóricamente una necesidad concreta de suministro para abastecimiento urbano, industrial, agrícola, recreativo o medioambiental.

Modulación de la demanda

La demanda para un determinado uso no es constante en el tiempo y está sometida a variaciones a lo largo del día, el mes, la estación y el año. El conocimiento detallado de esta modulación es pieza básica en la planificación hidrológica.

Consumo

Es la cantidad de agua realmente gastada en la satisfacción de un uso determinado. Por **uso** se entiende cada uno de los diferentes tipos de utilización de agua llevadas a cabo por el hombre para satisfacer sus necesidades: bebida, doméstico, riego, industria, recreo, hidroeléctrico, ecológico, etc. Existen **usos consuntivos** en los que todo el agua es consumida como la bebida, algunos riegos localizados, etc., y otros **usos no consuntivos** en los que el agua se retorna totalmente al ciclo como el uso sanitario, hidroeléctrico, algunos usos medioambientales, el recreativo, etc. El riego extensivo y otros usos medioambientales se pueden considerar usos intermedios ya que producen un retorno parcial de agua al ciclo.

Dotación

Es la cantidad de agua asignada para cubrir las necesidades de un uso unitario en un tiempo concreto. Por ejemplo, riego de una hectárea en un año, abastecimiento para una persona en un día, etc.

Recursos de agua

En sentido estricto se entiende como recursos naturales los volúmenes de agua que por su cantidad, calidad, localización y momento pueden satis-

facer una demanda determinada. El cumplimiento de los cuatro requisitos es necesario para la consideración de una fracción de la escorrentía como recurso hídrico.

Cuando el recurso de agua se encuentra integrado en la fase subterránea de la escorrentía se habla de **Recursos Subterráneos de agua**, mientras que si se trata de escorrentía de agua por arroyos, ríos y lagos, se habla de **Recursos Superficiales de agua**. Por la dependencia directa existente entre la escorrentía o lluvia útil y la precipitación, así como la variabilidad temporal de esta, los recursos naturales de agua son sustancialmente variables en el tiempo. Esta variabilidad afecta especialmente, como ya se ha comentado con anterioridad, a los recursos superficiales, mientras que los recursos subterráneos, tras su incorporación a los acuíferos, son más constantes en el tiempo.

Como también las demandas, cuya satisfacción se trata de cubrir con estos recursos, son variables a lo largo del tiempo (modulación), para un momento determinado existe, habitualmente, un desfase entre el volumen de recurso natural disponible y el volumen demandado. Cuando el recurso es mayor que la demanda se dice que existe un **excedente hídrico**, mientras que en caso contrario –demanda mayor que recurso– se dice que existe un **déficit hídrico**.

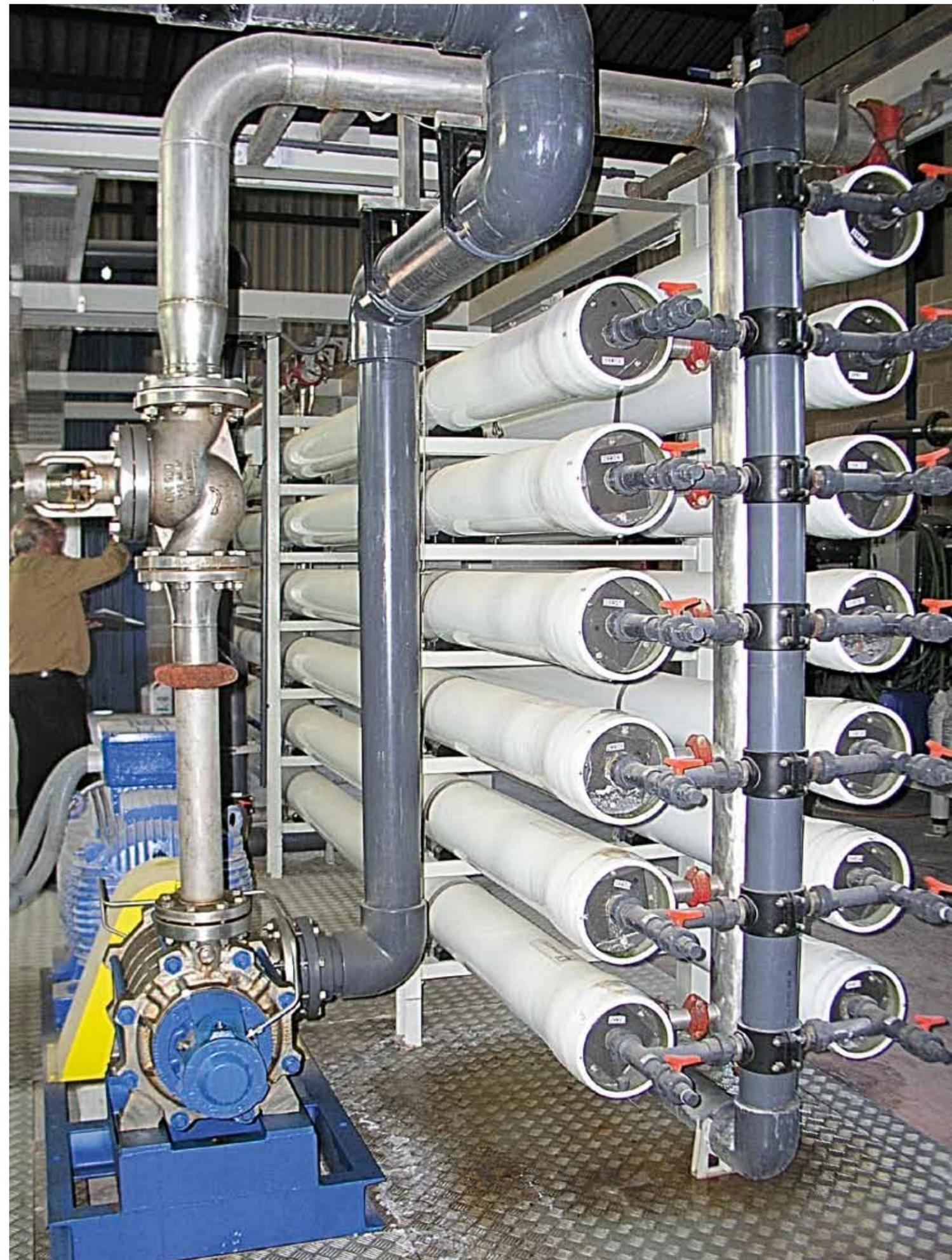
Recursos de agua no naturales

En las últimas décadas se ha incorporado a la planificación hídrica como recursos volúmenes de agua que por su calidad o composición no eran considerados como tales en épocas anteriores. Básicamente son dos tipos de agua de baja calidad, que tras el oportuno tratamiento han entrado a formar parte de las fuentes potenciales de recursos hídricos: las aguas residuales urbanas y las aguas salobres naturales.

Las primeras, que suponen volúmenes importantes en los centros urbanos, constituyen la fracción de las aguas suministrada a la población que retorna al ciclo hidrológico tras su uso. A partir de la entrada en vigor de la Directiva 91/271/CEE de 21 de mayo, sobre el tratamiento de las aguas residuales urbanas, todos los municipios con una población superior a 2.000 habitantes deben depurar sus aguas residuales antes del vertido a los cauces, a partir del año 2006. Esta depuración convierte el agua residual en una fuente utilizable de recurso hídrico, al menos en usos que sean compatibles con su origen (la legislación actual no permite el uso de un agua residual depurada o regenerada para abastecimiento urbano), como riego agrícola, usos medioambientales, limpieza de espacios urbanos, etc.

Las aguas salobres naturales cuya elevada salinidad, de diverso origen, impide su utilización directa, pueden

Recurso de agua no natural mediante la desalación de aguas salobres en plantas de ósmosis inversa





Sondeo de captación de aguas subterráneas en Campo de Mirra

ser tratadas en plantas desaladoras que, desde el gran avance operado en los procesos de separación por membranas, ponen a disposición de la planificación hídrica, recursos de calidad aceptable a costes competitivos.

Por lo tanto, plantas depuradoras (EDAR) y plantas desaladoras se convierten en fuentes de suministro de agua.

Regulación de recursos hídricos

Se denomina regulación de los recursos hídricos al conjunto de operaciones e infraestructuras que permiten adaptar en cantidad, calidad, espacio y tiempo un recurso natural variable a la demanda, también variable, que se pretende satisfacer. Es decir, con este tipo de

actuación se trata de corregir los déficits hídricos mencionados anteriormente utilizando para ello, si es posible, los excedentes que se presentan en otros momentos o fases del ciclo hídrico.

Garantía de satisfacción

Con este término se expresa el porcentaje de unidades de tiempo (meses, años) en los que, para un período determinado, los recursos disponibles satisfacen la demanda objetivo. Se expresa mediante la fórmula

$$G = \left(1 - \frac{F}{T}\right) \times 100\%$$

en la que F es el número de unidades de tiempo en las que se produce un fallo en la satisfacción de la demanda y T el total de unidades de tiempo en el período considerado.



Azud del Vinalopó que desvía agua del cauce para uso urbano y agrícola

Puesto que el término recurso es una variable aleatoria, el concepto de garantía puede entenderse como la probabilidad de que el recurso sea mayor o igual que la demanda a lo largo de un determinado periodo. El valor de la garantía de satisfacción de una demanda de agua tiene una incidencia importante en los factores o parámetros técnicos y económicos que rigen la planificación hidrológica. Esta incidencia es especialmente notoria cuando se cubre una demanda con el aprovechamiento de una escorrentía superficial, cuya regulación se planifica con un embalse. El tamaño del mismo viene marcado por el grado de garantía que se quiere alcanzar. A veces, incrementos pequeños en el valor de la garantía, suponen variaciones muy importantes en la capacidad del embalse y, por lo tanto, en la inversión que es

necesario realizar. Esta relación es debida a la gran variabilidad temporal de la escorrentía superficial.

Utilización conjunta o uso conjunto

Se aplica este nombre a la utilización planeada y coordinada de recursos superficiales, subterráneos y no convencionales con el fin de lograr un mejor aprovechamiento hídrico – mayor garantía de satisfacción– que el obtenido al operar con una única fuente de agua. La menor variabilidad temporal de la escorrentía subterránea y la regularidad en la producción de agua de fuentes no convencionales, permite con su incorporación a los sistemas de recursos hídricos mejorar la garantía de satisfacción de las demandas objetivos de la planifi-

cación hidrológica. La integración de la capacidad de los embalses subterráneos en un sistema de explotación basado en escorrentías superficiales, permite aumentar significativamente la garantía de satisfacción de la demanda cubierta, sin un excesivo incremento en el coste económico de la operación y, por lo tanto, con una mejora en la rentabilidad de las inversiones.

Gestión integral de los recursos hídricos

Se denomina así al proceso que, con el fin de maximizar el bienestar económico y social de manera equitativa, promueve el desarrollo y gestión coordinados del agua, la tierra y los recursos con ellos relacionados, según un esquema operacional que no compromete la sostenibilidad de los ecosistemas vitales.

Caudales ecológicos

De acuerdo con el Plan Hidrológico Nacional se entiende como caudales ecológicos, los que mantienen como mínimo la vida piscícola que de manera natural habitaría o pudiera habitar en el río, así como su vegetación y fauna de ribera. Es decir, el flujo de agua necesario en cantidad, calidad y duración para mantener las condiciones de supervivencia de los ecosistemas hídricos, así como los beneficios o servicios ecológicos que aportan.

Existen diversos métodos de cuantificación del caudal ecológico y su distribución cronoespacial, desde los métodos o principios meramente hidrológicos basados en los regímenes de caudales históricos como los fijados en el Plan Hidrológico Nacional o Planes Hidrológicos de cuencas

hasta los métodos más elaborados que tienen en cuenta la incidencia que sobre el hábitat de una sección del cauce puede tener el caudal circulante. Dentro de un esquema de uso conjunto o bien de gestión integral de recursos hídricos, el mantenimiento de los cauces ecológicos de un cauce puede lograrse aplicando indistintamente agua procedente de embalses superficiales, de captaciones de agua subterránea o de instalaciones de recursos no convencionales y con independencia del destino final del agua tras su paso por la sección del cauce considerado.

Proyecto de uso conjunto. Esquema topológico

Mediante un proyecto de uso conjunto se busca satisfacer diferentes tipos de demanda con recursos de agua procedentes de diferentes fuentes. La cantidad en que cada una de estas fuentes participa a lo largo del tiempo depende del estado inicial en que se encuentra cada uno de los elementos del sistema analizado, de la cuantía y distribución temporal de las demandas que se necesita atender, del grado de garantía de satisfacción que se desea alcanzar y de la calidad final del agua saliente del sistema que se fije como objetivo.

Por lo tanto, el proyecto de uso conjunto ha de iniciarse con un conocimiento y definición de todos los elementos que intervienen en el sistema hídrico: ríos, acuíferos, infraestructuras de almacenamiento y transporte, demandas de aguas; relaciones de dependencia entre diferentes elementos, etc. A este conjunto de elementos y relaciones de interdependencia, reales o abstractos, cerrados o abiertos, se le conoce como "esquema topológico".

Modelos de uso conjunto

La diversidad y complejidad de los elementos contemplados en un proyecto de uso conjunto impiden que su análisis y resolución se puede llevar a cabo sin la aplicación de técnicas de modelación numérica.

Desde la década de los ochenta, diversos organismos implicados en la gestión del agua en España, han impulsado y desarrollado modelos matemáticos de gestión conjunta. La Administración Hidráulica, el Instituto Geológico y Minero de España, así como diferentes Universidades Politécnicas han sido ejemplo de ello. Como resultado de las actividades desarrolladas, la Universidad Politécnica de Valencia diseñó un paquete informático denominado AQUATOOL que incluye tres módulos diferentes, OPTIGES, SIMGES y AQUIVAL, que permiten la optimización y simulación global de un sistema de recursos hídricos en condiciones muy diversas.

En particular, el módulo SIMGES se puede aplicar a todo tipo de cuenca o sistemas hídricos contemplando la práctica totalidad de los elementos que intervienen en la gestión del mismo: **aportaciones** o entradas de agua al sistema, **demandas** caracterizadas tanto por el destino como por la evolución de su cuantía, **retornos** producidos tras la utilización, elementos de almacenamiento de agua: **embalses superficiales** y **acuíferos**, **conducciones** o elementos por los que circula y se transporta el agua, fuentes de **recursos no naturales**, **recarga artificial** y su grado de incidencia en el volumen almacenado por un acuífero, etc.

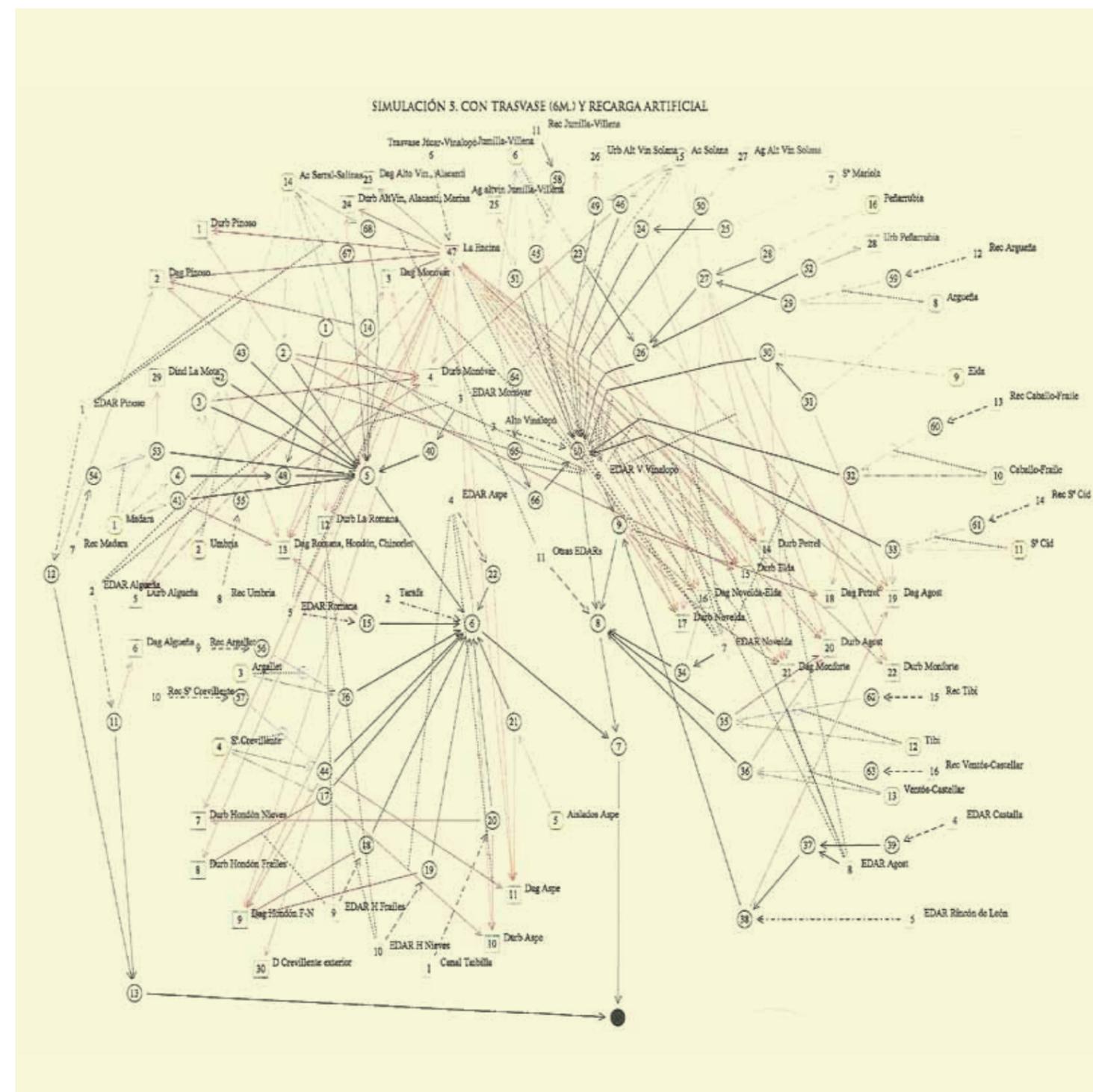


Fig. 1.3. Elementos del sistema de explotación y relaciones entre ellos en una de las simulaciones del módulo SIMGES

2

ANTECEDENTES



GENERALIDADES

El Valle del río Vinalopó ha estado ligado tradicionalmente a una compleja realidad hídrica que ha motivado numerosas actuaciones, trabajos y estudios a lo largo de los tiempos. En la actualidad esta circunstancia adquiere un particular interés, debido a las nuevas expectativas que se abren en la zona ante la próxima materialización de la transferencia de recursos hídricos procedentes del río Júcar hasta la cuenca del río Vinalopó. Con esta infraestructura hidráulica se pretende subsanar en parte el histórico déficit hídrico que ha sufrido el Valle del Vinalopó, que se hizo más acusado a partir de la segunda mitad del siglo XX con la puesta en explotación de nuevas superficies de regadío. La posibilidad de utilización de nuevos recursos subterráneos, que supuso el avance técnico en los métodos de perforación de sondeos de captación de agua, facilitó una mejora en la productividad de los cultivos, pero también el aumento de las superficies de riego, con el consiguiente incremento de las demandas agrícolas y una mayor presión sobre los acuíferos. Por otra parte, la fuerte demanda para abastecimiento debido al aumento de población y de la actividad industrial en la zona, junto con la exportación de una parte importante de sus recursos hídricos a las comarcas vecinas del Bajo Vinalopó y El Alacantí, ha contribuido a agravar el mencionado déficit hidráulico.

Este déficit se ha paliado en parte por la utilización de agua externa procedente de la cuenca del Segura en las comarcas del Bajo Vinalopó, Campo de Alicante y en menor medida en el Medio Vinalopó, con aportaciones puntuales para abastecimiento de algún municipio, así como un progresivo incremento en la reutilización de aguas residuales urbanas depuradas, aunque los volúmenes usados son todavía reducidos en relación con las demandas agrícolas. El potencial de reutilización en la zona es todavía importante en el Medio Vinalopó y el Alacantí, ya que se dispone de excedentes en las depuradoras de la ciudad de Alicante y zonas urbanas circundantes.

Estas aportaciones puntuales no han satisfecho hasta la fecha más que una parte pequeña del conjunto de demandas del sistema, y se sigue ejerciendo una fuerte presión sobre las aguas subterráneas del Alto y Medio Vinalopó como principal fuente de recursos hídricos disponibles en el Valle.

Por todo ello, se ha planteado como solución una importación de agua excedentaria del sistema de explotación Júcar, que permita minimizar la sobreexplotación a que están sometidos los acuíferos del Valle. La normativa del Plan Hidrológico del Júcar (BOE, 1999) cuantifica en 80 hm³ anuales el volumen máximo a importar desde la cuenca del Júcar.

Las aguas que se trasvasen sustituirán a una parte de los bombeos actuales, para lo cual se deberá interrumpir el bombeo de numerosos sondeos actualmente en explotación, dejando sólo un número limitado de ellos como apoyo al nuevo sistema de satisfacción de demandas. En este esquema de aprovechamiento, los acuíferos del Alto y Medio Vinalopó pueden adquirir importancia como un medio de almacenamiento estratégico (incremento de reservas por decremento de la explotación, recarga artificial, etc.), convirtiendo el sistema de recursos hídricos del Valle del Vinalopó en un sistema con utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas.

Tal coyuntura motivó a la Diputación Provincial de Alicante, y en concreto a su Departamento del Ciclo Hídrico, a promover la realización de diversos estudios que permitieran mejorar el conocimiento hidrológico e hidrogeológico del Alto y Medio Vinalopó, así como de las demandas e infraestructuras hidráulicas, para tratar de aportar soluciones alternativas a la gestión ante los escenarios futuros que se van a plantear.

MARCO GEOGRÁFICO E HISTÓRICO



Castillos medievales que caracterizan las comarcas del Alto y Medio Vinalopó

El Valle del Vinalopó constituye el principal paso natural de las comunicaciones entre la meseta castellana y la zona costera mediterránea del Levante peninsular. Se trata esencialmente de una depresión de dirección noroeste-sudeste, que corta casi perpendicularmente una sucesión de alineaciones montañosas y depresiones transversales a dicho eje. Por una de esas depresiones transversales circula el río Vinalopó en su tramo alto, hasta las proximidades de la ciudad de Villena, donde toma la dirección del eje principal mencionado.

La mayor parte del Valle se sitúa en la provincia de Alicante, aunque una parte corresponde a la de Albacete, principalmente al término municipal de Caudete, y una superficie muy reducida a la de Valencia.

En este corto espacio físico, de apenas 70 km de longitud y 600 metros de desnivel, se producen profundos cam-

bios paisajísticos y socioeconómicos ligados a condicionantes geológicos y climáticos.

Las comarcas incluidas en el Valle del Vinalopó se hallan ubicadas geológicamente en el sector nororiental de la Cordillera Bética, abarcando áreas pertenecientes a las zonas en que tradicionalmente se divide esta Cordillera: Zonas Externas (comprendiendo Prebético y Subbético) y Zonas Internas o Bético s.s. Mientras en la Zona Prebética las estructuras geológicas están poco deformadas, siendo las formaciones geológicas del subsuelo continuas, de gran extensión y potencia, en el Subbético la deformación es mayor, con abundancia de zonas plegadas y falladas, lo que asigna una mayor estructuración y limitación de las formaciones del subsuelo. Por último, en la Zona Bética, próxima a la costa, la deformación y estructuración de los materiales es máxima, estando los acuíferos muy compartimentados y

aislados. Esta diferenciación geológica estructural da lugar a que la disponibilidad de recursos hídricos subterráneos sea muy diferente en cada una de las zonas. Mayor y de más fácil extracción en el caso de los acuíferos del Prebético, menor y con limitación de recursos en la Zona Subbética, y muy pequeña y con limitada calidad química de los escasos recursos en el caso de la Zona Interna o Bética.

Esta diferencia en el potencia hídrico subterráneo a lo largo del Valle del Vinalopó está también justificada en las diferencias climáticas.

Las precipitaciones son, en general en todo el Valle, escasas y muy irregulares en el tiempo, pero más abundantes en el norte que en el sur. Además, en el tramo alto, el clima es claramente mediterráneo continentalizado, con un fuerte contraste térmico entre el verano y el invierno (en el que se pueden producir heladas). Hacia el sur, las precipitaciones disminuyen y la variación térmica se reduce debido a la menor cota y al efecto termorregulador del Mediterráneo. La diferencia de precipitaciones influye directamente en la diferencia de recursos hídricos disponibles.

Por otra parte, el clima ha condicionado el desarrollo de la actividad económica tradicional de la zona, la agricultura, ya que las oscilaciones térmicas han permitido diferenciar tres comarcas en el Valle del Vinalopó en función de los cultivos más significativos. Así, en la zona sur del Valle o Bajo Vinalopó son frecuentes los cultivos tropicales,

en el Medio Vinalopó domina la uva de mesa embolsada, y en el Alto Vinalopó, predominan los cultivos frutícolas. Esta diferenciación en la agricultura da lugar a una marcada diferencia en las demandas de agua para riego.

Estas diferencias geológicas y climáticas entre los sectores del Alto, Medio y Bajo Vinalopó ha dado lugar históricamente a una transferencia de recursos hídricos del Alto Vinalopó, donde son más abundantes y de más fácil extracción, hacia las zonas más bajas del Valle (Medio y Bajo Vinalopó) donde la demanda era mayor. Un notable avance técnico en la tecnología de perforación de sondeos de agua, contribuyó de forma importante a favorecer esta tendencia.

Existen referencias (Estevan y Naredo, 2004) de intentos de transporte de recursos hídricos desde el Alto Vinalopó a las zonas de Medio y Bajo Vinalopó desde tiempos prácticamente de la Edad Media pero que no tuvieron reflejo en la realidad.

Es a partir de los siglos XVIII y principios del XIX, cuando se iniciaron proyectos concretos de trasvases de recursos, Acequias del Conde y del Rey, mediante las que se llevan aguas de la Laguna de Villena que se desecaría, hasta la zona de regadío de Elche. Este flujo de recursos hídricos se intensifica hacia finales del siglo XIX y principios del XX, cuando se implantan las redes de abastecimiento a poblaciones costeras, empleando aguas procedentes de captaciones del Alto Vinalopó, utilizando para ello



Acequia del Rey construida para desecar la antigua laguna de Villena

el denominado Canal del Cid, que originalmente partía desde Sax y que posteriormente fue prolongado hasta Villena. Posteriormente, ya en el siglo XX, el agua transportada desde el Alto Vinalopó se dedica también al riego de superficie de cultivo en el Medio y Bajo Vinalopó y el Alacantí. En este caso utilizando una nueva infraestructura: el Canal de la Huerta, construido en 1909 desde Villena hasta Alicante.

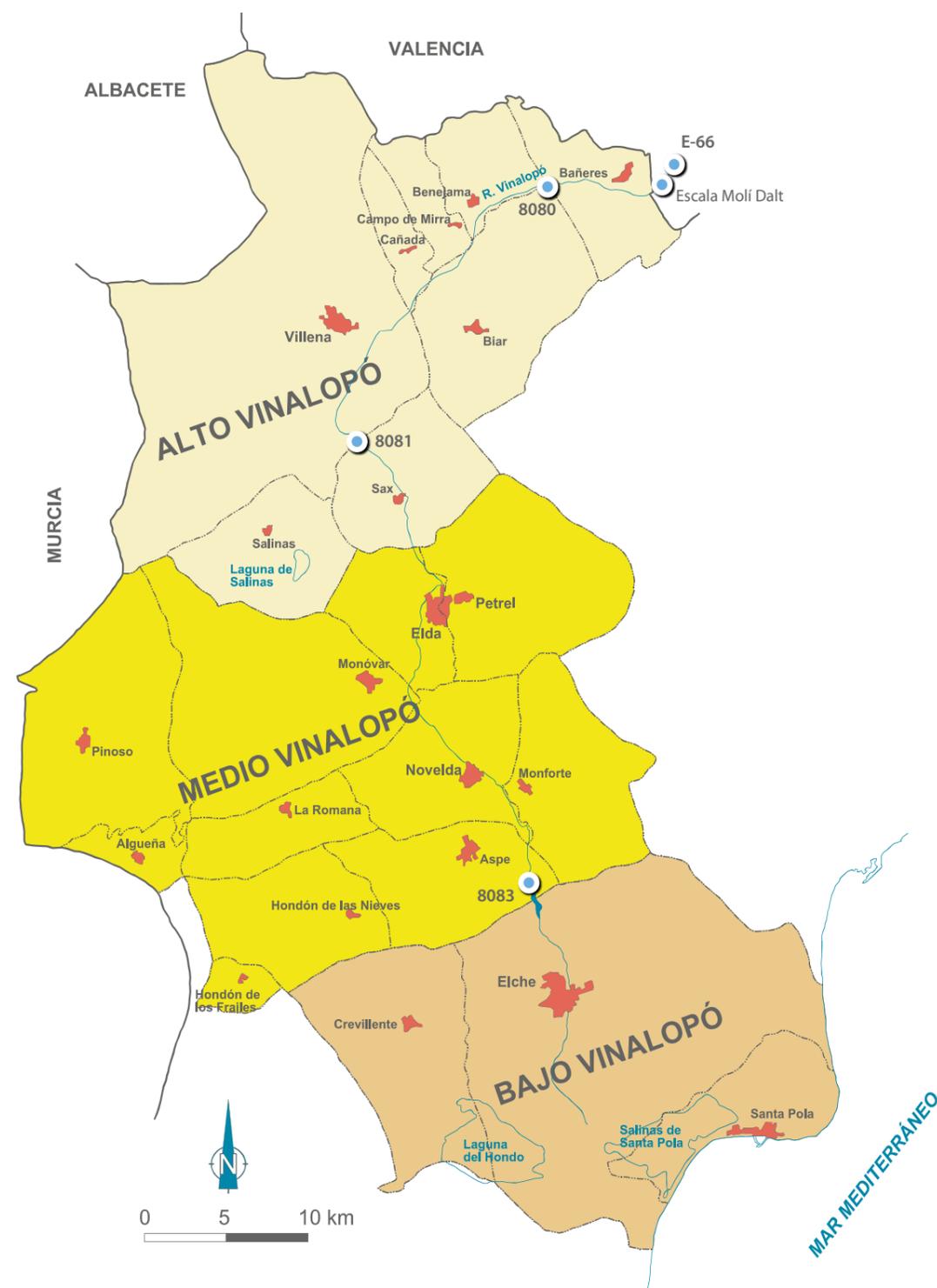


Figura 2.1. Comarcas agrarias de la cuenca del Vinalopó en la provincia de Alicante, según Rico (1994), diferenciadas por los recursos y usos de aguas subterráneas. La figura se ha completado con las estaciones de aforo del río Vinalopó, especificadas en el capítulo 5.

El aumento de población ya mencionado, en el Medio y Bajo Vinalopó, así como el gran desarrollo agrícola acaecido en la segunda mitad del siglo XX, han sido la causa del aumento extraordinario de la demanda de recursos hídricos, que, a falta de otras soluciones, se ha satisfecho con un aumento en las extracciones de los acuíferos del Alto y Medio Vinalopó. Este aumento progresivo de las extracciones en unas formaciones acuíferas con escasa recarga natural han llevado a una inevitable sobreexplotación de las mismas.

En las dos últimas décadas del siglo XX, se han producido nuevas iniciativas tendentes a paliar la gravedad de esta situación, si bien sólo parcialmente.

La primera de ellas ha sido la utilización de agua externa al Sistema Hídrico del Valle del Vinalopó, procedente de la vecina cuenca del Segura, a través de la Mancomunidad de Canales de Taibilla, destinada a satisfacer abastecimientos urbanos de las áreas del Campo de Alicante, Bajo Vinalopó y en menor medida alguna población del Medio Vinalopó (Aspe y Hondón de las Nieves).

Por otro lado, ha aumentado la reutilización para riegos de las aguas urbanas depuradas de las poblaciones del Medio y Bajo Vinalopó y Campo de Alicante. Las cantidades por ahora reutilizadas son reducidas si se considera el volumen de la demanda agrícola –se cubre escasamente el 10% de esta demanda–. Sin embargo, el

potencial todavía factible de poner en explotación es muy grande para cubrir demandas del Medio Vinalopó y Campo de Alicante, si se tienen en consideración los excedentes de las grandes depuradoras de la ciudad de Alicante y zonas urbanas próximas.

Finalmente, ya con el inicio del nuevo siglo, un tercer factor o fuente de recursos hídricos puede venir a contribuir de forma sustancial a satisfacer demandas en el Campo de Alicante y el Bajo y Medio Vinalopó. Éste es la producción de agua dulce en las grandes plantas desaladoras previstas en la costa alicantina. La puesta en producción de estas plantas puede contribuir, junto a los dos factores antes mencionados, a una disminución de la presión actual sobre los recursos hídricos de las Unidades Hidrogeológicas del Alto y Medio Vinalopó.

En este complejo panorama, ligado al sistema de explotación de recursos hídricos del Valle del Vinalopó, tiene lugar el planteamiento, por parte de la Planificación Hidrológica del Organismo de Cuenca del Júcar, de la transferencia de recursos desde dicha cuenca al Valle del Vinalopó.

La transferencia Júcar-Vinalopó, recogida en el Plan Hidrológico de la cuenca del Júcar (PHJ), ha sido posteriormente declarada de interés general e incluidas en el Plan Hidrológico Nacional. Su finalidad es paliar, en la medida de lo posible, el déficit de aguas del Sistema Vinalopó-Alacantí y el elevado grado de sobreexplota-

ción de los acuíferos del Alto y Medio Vinalopó, sustituyendo parte de las extracciones a que están sometidos dichos acuíferos. Por lo tanto, su ejecución comporta la parada obligatoria de las extracciones en numerosos sondeos, dejando sólo algunos como apoyo al Sistema de satisfacción de demandas actuales. La cantidad propuesta como trasvasable en el Plan Hidrológico de Cuenca es de un máximo de 80 hm³/año, dependiendo de la cifra definitiva y su distribución en el año de los excedentes que se produzcan en la cuenca de origen.

Esta futura materialización del trasvase Júcar-Vinalopó, es la fase final de una larga historia de intentos de importación de recursos hídricos al Valle del Vinalopó, procedentes de la cuenca del Júcar. De acuerdo con las referencias históricas ya mencionadas (Estevan y Naredo, 2004), las aspiraciones de los usuarios del Bajo Vinalopó a la importación de caudales del río Júcar datan ya del siglo XV. Estas aspiraciones han sido periódicamente renovadas mediante tentativas de diferentes entidades a lo largo de siglos posteriores, si bien es en la segunda mitad del siglo XX, cuando la explotación de los acuíferos del Alto y Medio Vinalopó, que en cierto modo se había desarrollado como medio sustitutivo del trasvase Júcar-Vinalopó no ejecutado, alcanza cotas que ponen en riesgo su futuro como fuente segura del suministro de agua, cuando se intensifican las presiones para llevar a fin la conducción Júcar-Vinalopó.

La solución actual de dicha conducción, que parte del Azud de la Marquesa (Cullera) y a través de varios tramos alcanza las inmediaciones de Villena en el Valle del Vinalopó, ha tenido en el pasado muchas variantes posibles. Entre éstas cabe mencionar, las que tomando agua

en áreas de la cuenca alta del Júcar, utilizan el canal del trasvase Tajo-Segura, como medio de transporte, hasta zonas próximas al Medio y Bajo Vinalopó. Así se recoge en la publicación antes mencionada de Estevan y Naredo (2004), así como en el trabajo de Sanchís y Morell (1983). En

este último se recoge una propuesta de utilización del canal del trasvase Tajo-Segura, para llevar aguas del embalse de Alarcón (Júcar) hasta el embalse de Crevillente.

La particularidad de esta última propuesta es que en su fase final, tras su paso por el embalse de Crevillente, el agua se bombearía a la Cuenca del Vinalopó, para ser almacenada en el acuífero de la Sierra de Crevillente y/o de la Sierra del Cid. La utilización final del agua trasvasada sería también atender parte de la demanda actualmente satisfecha con aguas subterráneas del Alto y Medio Vinalopó.

Dentro de las soluciones más recientes propuestas, y posteriormente descartadas, hay que citar dos variantes de la conducción que partían de Cortes de Pallás en La Muela Oriental y la Presa de Tous respectivamente, hasta las inmediaciones de Villena. La solución, actualmente vigente, desde el azud de La Marquesa cuenta con la oposición de la mayor parte de los usuarios potenciales, que reclaman la primera de las soluciones citadas (desde Cortes de Pallás) o, en su defecto, desde el azud de Antella, tanto por el incremento en el coste final del agua como por la calidad esperada.



Fig. 2.2. Alternativas en el trasvase Júcar-Vinalopó (los cuadros rojos son bombeos y los verdes saltos de recuperación)

GESTIÓN DE LOS RECURSOS HÍDRICOS DEL VALLE DEL VINALOPÓ

La compleja situación actual del Sistema de Explotación del Valle del Vinalopó y L'Alacantí, para satisfacer la demanda global existente, sólo puede ser estudiada mediante la aplicación de modelos de uso conjunto y gestión integral de recursos hídricos.

A esta complejidad contribuyen una gran variedad de fuentes de recursos hídricos:

- Aguas superficiales, aunque en pequeña cantidad en la zona alta del Río Vinalopó.
- Aguas subterráneas de una decena de unidades hidrogeológicas del Alto y Medio Vinalopó.
- Aguas residuales urbanas depuradas procedentes de hasta más de una docena de estaciones depuradoras de aguas residuales.
- Aguas procedentes de plantas desaladoras de aguas salobres y de mar.
- Aguas externas procedentes de la Mancomunidad del Canal del Taibilla.
- Aguas externas procedentes de la conducción Júcar-Vinalopó.

Asimismo, el tratamiento de la gestión viene complicado por la gran variedad de la demanda, en la que casi el 80%

es demanda agrícola, frente al 20% de demanda urbana e industrial.

Precisamente para conjuntar estos recursos y demandas, se ha desarrollado un también complejo entramado de depósitos y canales o tuberías de conducción de muy diversas características físicas y de propiedad.

Desde un principio, el Departamento del Ciclo Hídrico de la Diputación Provincial de Alicante (DPA) ha entendido esta complejidad, y ha impulsado la realización, en colaboración con el Instituto Geológico y Minero de España, desde final de la década de los noventa, de una serie de estudios de detalle que globalmente se han integrado en el proyecto denominado: *Posibilidades de almacenamiento de las aguas del trasvase Júcar-Vinalopó en los embalses subterráneos provinciales mediante recarga artificial*.

Entre estos estudios de detalle, cabe mencionar por su complejidad y por su finalidad los siguientes:

- *Caracterización básica de la climatología del Alto Vinalopó* (Alicante) (Septiembre 2000).
- *Estimación de los consumos de agua para usos agrícolas y urbanos en el Alto Vinalopó* (Noviembre, 2000).

• *Simulación de la gestión de los recursos hídricos en el Alto Vinalopó* (Diciembre, 2002).

• *Aplicación de un modelo matemático para simular la evolución de los recursos hídricos en acuíferos del Alto y Medio Vinalopó* (Alicante) ante diferentes alternativas de Gestión.

– *Acuífero de Peñarubia* (Enero, 2003).
– *Acuífero de Serral-Salinas* (Septiembre, 2003).
– *Acuífero de Solana* (Noviembre, 2003).
– *Acuífero Jumilla-Villena* (Febrero, 2005).

• *Simulación de la gestión de recursos hídricos en el Medio Vinalopó* (Mayo, 2004).

3

METODOLOGÍA

En el desarrollo de los estudios de gestión de recursos hídricos del Valle del Vinalopó citados anteriormente se ha seguido una metodología que se adapta en todo momento a las características y necesidades de la zona de trabajo y de los objetivos planteados. Son numerosas las experiencias que tanto en el ámbito nacional como internacional se han desarrollado para la integración de las aportaciones y recursos subterráneos en sistemas de satisfacción de demandas urbanas, industriales y agrícolas, en un marco de esquema de uso conjunto. Existe por lo tanto una metodología contrastada que se adapta perfectamente a las necesidades y objetivos de una gestión integrada de recursos hídricos en el Valle del Vinalopó. En esta metodología general existen siempre actividades que se agrupan en tres fases o etapas, que para el Valle del Vinalopó se pueden concretar en las siguientes:

- **Caracterización del sistema hidrológico** que implica la realización de los siguientes trabajos:

- Recopilación de información sobre recursos hídricos de la zona. Análisis y síntesis de datos para su uso en etapas posteriores.
- Análisis y estimación de los recursos propios del sistema. Aportaciones superficiales y subterráneas. Variabilidad y regulación en el tiempo.
- Caracterización de las infraestructuras hidráulicas tanto de almacenamiento superficial (embalses,

depósitos) como de almacenamiento subterráneo (acuíferos) y de las conexiones entre ambas (tuberías y canales).

- Cuantificación de las demandas urbanas y para riego, consuntivas y no consuntivas.
- Análisis de las posibilidades de utilización de fuentes no convencionales de recursos y factibles de ser utilizadas en plazo corto: aguas residuales depuradas y aguas desaladas.
- Conocimiento de las relaciones entre los diversos elementos que forman parte del Sistema de Gestión de Recursos Hídricos: aportaciones propias –superficiales y subterráneas–, aportaciones externas, fuentes no convencionales –depuradoras–, demandas, conducciones y embalses, acuíferos, etc.
- **Desarrollo y elaboración de un modelo de simulación de la gestión de los recursos**, por aplicación de programas existentes y suficientemente contrastados.
- Definición de las alternativas base representativa del estado actual del sistema.
- Definición de otras alternativas modificando los elementos constitutivos del sistema y añadiendo otros nuevos: trasvase con diferentes hipótesis de regulación, fuentes no convencionales, cierre de sondeos, recarga artificial y almacenamiento

subterráneo, etc., para obtener un conjunto de opciones que sirvan de ayuda a la toma de decisiones posteriores.

- **Elaboración de conclusiones y recomendaciones sobre la gestión conjunta de los recursos del Sistema de Gestión de Recursos Hídricos del Río Vinalopó:**

- Cuantificación del nivel de garantía de satisfacción y de los déficits mensuales y anuales de las diferentes demandas (urbanas y agrícolas) en las diferentes alternativas propuestas.
- Comparación de los resultados obtenidos para cada alternativa. Evolución en el grado de sobreexplotación de los diferentes acuíferos.
- Recomendaciones de gestión de los recursos. Regulación, distribución de los nuevos recursos importados, sustitución de recursos subterráneos en L'Alacantí, etc.

4

SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS DEL RÍO VINALOPÓ

La mera enumeración de los elementos que participan en el complejo entramado de satisfacción de demandas hídricas del Sistema de Explotación del río Vinalopó, permite vislumbrar la dificultad de su estudio conjunto. Este sistema constituye sin duda uno de los más importantes de la provincia de Alicante, no sólo por el volumen total de recursos utilizados y demanda satisfecha, sino por la importante actividad económica que lleva asociada.

El sistema en su conjunto (Alto, Medio y Bajo Vinalopó) comprende al menos los siguientes elementos:

- Gestión de los recursos hídricos subterráneos procedentes de 10 Unidades Hidrogeológicas.
- Utilización de recursos hídricos superficiales procedentes de la vecina Cuenca del Segura, mediante la Mancomunidad de Canales del Taibilla para abastecimiento de población urbana del Bajo Vinalopó y en pequeña cantidad a algunos municipios del Medio Vinalopó.
- Gestión de aprovechamiento en usos agrícolas de las aguas residuales depuradas de hasta 13 EDAR's.
- Satisfacción parcial de la demanda de abastecimiento urbano a un conjunto de 22-25 municipios, que engloban una población total (censada más estacional) del orden de un millón de habitantes.

- Satisfacción de la demanda para riego de un conjunto de más de 40 entidades de riego con una superficie total regada del orden de 30.000 ha.

- Compleja red de conducciones que permite intercomunicar las fuentes de recursos (unidades hidrogeológicas, Canal de Taibilla, Edar's) con los puntos de demanda y utilización de dichos recursos.

- Esta red de conducciones se apoya en un conjunto de más de 200 balsas, en general de dimensiones reducidas, que permiten almacenar hasta 20,5 hm³.

Este complejo entramado, va a verse próximamente ampliado en su conjunto por dos importantes modificaciones:

- Trasvase Júcar-Vinalopó, por el que se añadirá al sistema una fuente de recursos hídricos superficiales, que supondrá un aporte máximo anual de 80 hm³ para sustituir actuales explotaciones de unidades hidrogeológicas tanto para riego como para abastecimiento.

- Plan de Modernización de Regadíos, prácticamente finalizado, que contempla tanto la implantación de sistemas de riego más eficaces y con menos pérdidas de agua, como un Plan de Obras de Infraestructuras –embalse, estaciones de bombeo y red principal de conducciones–. Este nuevo conjunto o sistema, utilizará tanto agua procedente del trasvase

Júcar-Vinalopó, como aguas subterráneas procedentes de bombeos y aguas residuales urbanas depuradas.

Este complejo sistema de satisfacción de demanda hídrica, ha sido subdividido para el estudio y simulación de la gestión de los recursos en dos grandes unidades:

- Subsistema del Alto Vinalopó
- Subsistema del Medio Vinalopó

SISTEMA DE UTILIZACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS DEL ALTO VINALOPÓ

El sistema de utilización de los recursos hídricos del Alto Vinalopó está constituido por un conjunto de elementos entre los que se pueden diferenciar los que tienen un soporte físico real, como los acuíferos, los embalses, las conducciones y cauces, las estaciones de bombeo, etc., y los que son más abstractos como las demandas –agrícola, urbana e industrial–, las reglas de operación y las relaciones entre elementos.

En el proyecto denominado *Simulación de la Gestión de los Recursos Hídricos en el Alto Vinalopó* (DPA e IGME, 2002), se definen los elementos de este sistema. A continuación se presenta una síntesis de esta definición de elementos.

Sistemas acuíferos

Los recursos hídricos de los acuíferos del Alto Vinalopó constituyen la principal fuente de recursos de agua apta para satisfacer las demandas agrícola, urbana e industrial de todo el Valle del Vinalopó y parte del campo de Alicante. Numerosos estudios hidrogeológicos llevados a cabo por la Diputación Provincial de Alicante y el Instituto Geológico y Minero de España, así como por otros organismos como Confederación Hidrográfica

del Júcar, Dirección General de Obras Hidráulicas, Comunidad Autónoma de la Región de Murcia, han permitido conocer con suficiente detalle las propiedades hidráulicas de los acuíferos en cuestión, lo que ha ayudado a su integración en los modelos de simulación de la gestión.

En el Sistema del Alto Vinalopó quedan incluidas total o parcialmente siete unidades hidrogeológicas, tabla 4.1., de las que dos (Jumilla-Villena y Carche-Salinas) son compartidas por varias administraciones hidráulicas –Segura y Júcar–.

Dentro de cada una de estas unidades se incluyen uno o varios acuíferos, tal y como son definidos éstos en los estudios de los diferentes organismos antes mencionados. Su tratamiento a nivel de unidad hidrogeológica mediante modelos agregados sencillos, en lugar de tratarlos como acuíferos individuales mediante modelos de parámetros distribuidos, se ha realizado por motivos de simplificación. En un estudio de mayor detalle y de comprobación de la respuesta de cada acuífero, deberían ser tratados independientemente y con modelos de la tipología anteriormente reseñada.

UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS	
Nº	Nombre
08.35	Jumilla-Villena
08.36	Yecla-Villena-Benejama
08.40	Sierra Mariola
08.41	Peñarrubia
08.42	Carche-Salinas
08.43	Argueña-Maigmo
08.99	Acuíferos de interés local

Tabla 4.1. Unidades Hidrogeológicas del Alto Vinalopó

Bombeos

Cuando la fuente de recursos hídricos en un sistema está constituida principalmente por aguas subterráneas, resulta básico para la simulación de la gestión el conocimiento preciso de la explotación de los acuíferos.

En las unidades hidrogeológicas incluidas en el sistema tiene lugar una multitud de bombeos para satisfacer las correspondientes demandas. Sin embargo, su cuantificación resulta extremadamente difícil y compleja. La variabilidad temporal de los bombeos por multitud de causas (meteorológicas, cambio de cultivos, cambios de uso, propiedad de los sondeos, fuente de información, etc.) es muy grande.

Para el Sistema del Alto Vinalopó, se han manejado los datos aportados por el informe *Estimación de los consumos de agua para usos agrícola y urbano en el Alto Vinalopó* (IGME-DPA, 2000), que a su vez fueron obtenidos a partir de encuestas a usuarios y asociaciones de usuarios. Mediante este procedimiento fue posible definir con mayor precisión las extracciones ligadas a un conjunto de sondeos perforados por el entonces denominado Instituto de Reforma y Desarrollo Agrario (IRYDA) que fueron cedidos a la Consellería de Agricultura, Pesca y

Alimentación de la Comunidad Valenciana para su explotación y pasaron con posterioridad a las Comunidades de Usuarios, creadas a favor de la Ley de Aguas de 1985, siendo por lo tanto de propiedad pública y de más fácil control. Estos sondeos se gestionan por grupos denominados baterías, de las que 7 se encuentran en el Alto Vinalopó: situadas en las unidades 08.35, 08.36, 08.40 y 08.42. El volumen total de las extracciones de estas 7 baterías, según el citado estudio, es de 18,15 hm³/año. Con independencia de estos sondeos de propiedad pública, existe otro número importante de sondeos privados o de asociaciones de regantes en los que la estimación de la explotación es más difícil de realizar.



Ensayo de bombeo en pozo de abastecimiento a Cañada

Conducciones

La complejidad de las relaciones entre fuentes de recursos hídricos y centros de demanda o consumo ha originado una intrincada red de conducciones de agua que permite, a veces, la satisfacción de una demanda a partir de un recurso situado a casi 100 km de la misma. El conocimiento preciso de esta red es muy difícil, incluso para las mismas Comunidades Generales de Usuarios. La existencia de centros de demanda situados fuera del ámbito geográfico del Sistema complica más ese conocimiento. Existen múltiples intentos de materializar un inventario de todas las conducciones, y todas plantean la duda de su parcialidad. En el estudio de simulación de la gestión llevado a cabo en el Alto Vinalopó se ha utilizado como base el inventario realizado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en 1995, actualizado con datos de la propia Diputación Provincial y de la Oficina de Planificación Hidrológica de la Cuenca Hidrográfica del Júcar. En él se describen 20 grandes conducciones de alta capacidad, para las que se relacionan pozos o grupos de pozos de origen, entidad de destino, entidad propietaria, consignando la capacidad máxima de transporte.

Almacenamiento superficial

Como norma general no existen en el Valle del Vinalopó grandes infraestructuras de almacenamiento y regulación de tipo superficial, ya que al ser el origen de las mismas básicamente subterránea no precisa de este tipo de infraestructura, puesto que el agua se almacena en los acuíferos y se regula mediante sondeos. Sólo la existencia de posibles excedentes en épocas de baja demanda, o la existencia de precios y tarifas eléctricas más bajas en épocas y horas de poco consumo, ha llevado a algunas entidades de riego y algunos particulares a la construcción de balsas o depósitos de almacenamiento temporal. Este tipo de balsas de capacidad muy variable es muy numeroso, no existiendo un inventario detallado y exhaustivo de los mismos. El inventario más completo es el de la Conselleria de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Generalitat Valenciana (CAPA). Para todo el Valle del Vinalopó se catalogan hasta 213 balsas con un volumen total de 20,5 hm³ de capacidad. De estos en el Alto Vinalopó se centralizan un total de 18 balsas con una capacidad de 2,3 hm³. Esta capacidad se eleva hasta 6 hm³ si se consideran algunas entida-

des del Medio Vinalopó muy ligadas al subsistema del Alto Vinalopó (C.R. Monforte del Cid, Aguas de Novelda, Monteagudo). En las cifras mencionadas no quedan contabilizados los algo más de 2,5 hm³ correspondientes al nuevo Plan de Modernización de Regadíos.

Demanda

En el Alto Vinalopó existe un elevado número de centros de demanda de agua, entidades públicas y privadas, agrupaciones de usuarios, etc., a los que se unen otros centros de consumo situados fuera de la comarca, pero que también constituyen parte de la demanda de recursos hídricos de esta zona del Valle.

La necesaria diversidad en las formas de compartir los recursos o los medios físicos empleados para su utilización origina una extrema complejidad en las relaciones entre los mencionados centros de demanda. Las múltiples asociaciones de usuarios de toda índole que históricamente fueron surgiendo ante esa diversidad, se han convertido, al amparo de la Ley de Aguas de 1985 y su modificación posterior de 2001, en Comunidades

de Usuarios. La más importante de estas comunidades en el Alto Vinalopó es la Comunidad General de Usuarios del Alto Vinalopó (CGUAV), constituida en diciembre de 1996 y que integra a casi la totalidad de antiguas entidades de esta comarca, a todos sus ayuntamientos, así como a otras entidades del Medio Vinalopó que utilizan recursos procedentes del primero. La constitución de una Comunidad General de Usuarios permite controlar las explotaciones de agua subterránea, así como la distribución más ordena-

da de recursos disponibles, actuales y futuros, gestionando de forma coordinada fuentes de recursos y centros de consumo.

Demanda agrícola

De acuerdo con los datos proporcionados por la CGUAV, (IGME-DPA, 2000), la superficie de riego de las entidades del Alto Vinalopó se encuentra entre un mínimo de 5.119 ha y un máximo de 10.788 ha. El balance de agua en el suelo realizado por IGME-DPA (2000)

eleva a unos 440 mm el déficit hídrico y por lo tanto la demanda neta media anual para riego. Por ello, el volumen teórico necesario para riego en la comarca estará entre un mínimo de 22,9 hm³/año y un máximo de 47,5 hm³/año. En 1995 el MAPA estimó, mediante otro método de cálculo, que en el año anterior para una superficie total de 8.650 ha (en las que se incluyen algunas entidades del Medio Vinalopó) se había producido una demanda total de 38 hm³, lo que viene a coincidir con las cifras antes mencionadas.



Ensayo de bombeo del Pozo Candela y almacenamiento en balsa de riego

Estos valores resultan muy elevados en comparación con las cifras facilitadas por la Confederación Hidrográfica del Júcar. Según este organismo, la demanda agrícola en el Alto Vinalopó es de 21 hm³/año para una superficie de riego de 8.850 ha. Asimismo, posteriormente el Mapa Provincial del Agua editado por la Diputación de Alicante, estima el consumo para el regadío de 7.000 ha en 28 hm³/año. La concreción de una cifra total de demanda agrícola en la comarca del Alto Vinalopó se antoja difícil y compleja por la heterogeneidad de los datos disponibles y por la propia variabilidad temporal de los mismos.

En los trabajos de simulación de la gestión de esta comarca se ha adoptado como criterio de cálculo de la demanda, la estimación del déficit hídrico utilizando la evapotranspiración potencial obtenida por el método de Thornthwaite, suponiendo una eficiencia de riego del 80%, y estableciendo dos hipótesis en cuanto a superficie de riego: una más conservadora para una superficie máxima de 10.800 ha y otra más optimista para una superficie mínima de 5.200 ha. A estos datos correspondientes a las entidades integradas en la CGUAV, habría que sumar la demanda de algunas entidades privadas que se eleva a 5 hm³/año.

En todo caso hay que poner de relieve que existen notables diferencias entre la demanda teórica potencial, que corresponde a la superficie total regable con concesión de caudal según dotaciones teóricas y la demanda real que corresponde a la superficie efectivamente regada con dotaciones reales.

Demanda urbana

Como ocurre con otros elementos de balance hídrico del Sistema del Alto Vinalopó, la estimación de la demanda urbana de esta comarca es también compleja. Especial incidencia tiene en esta dificultad, la existencia de un elevado número de localidades situadas en el Medio y Bajo Vinalopó y en el Alacantí, que se abastecen total o parcialmente de las aguas subterráneas procedentes de las unidades hidrogeológicas situadas en el Alto Vinalopó. La importancia cuantitativa de esta demanda externa es tan grande, que forzosamente debe incluirse en la simulación de la gestión de recursos hídricos del Alto Vinalopó, a pesar de la dificultad que ello conlleva, debido a que las entidades de gestión de esas demandas urbanas son sociedades mercantiles que al mismo tiempo y con aguas del mismo origen satisfacen demandas agrícolas, industriales, etc., en un mismo entorno geográfico. Estos centros de demanda han sido considerados específicamente como "otros elementos de demanda" en parte separada.

En cuanto a la demanda urbana propia de la comarca, se han considerado los municipios ubicados geográficamente en la misma que son ocho (Banyeres de Mariola, Beneixama, Biar, Campo de Mirra, Cañada, Salinas, Sax y Villena), así como otros cuatro muy próximos ligados a la CGUAV y con dependencia total de los recursos del Alto Vinalopó: Fontaneres, Caudete, Elda y, parcialmente, Monóvar. Para los ocho primeros, la demanda estimada en los estudios ha sido equiparada al consumo máximo del período 1998-99, que alcanza los 5 hm³/año.

En cuanto a los otros cuatro citados, sólo son significativas las demandas de Elda y Monóvar que se satisfacen con aguas subterráneas bombeadas de la Unidad Carche-Salinas.

Para Elda, DPA-IGME, 2000 asigna una demanda urbana de 4,2-5 hm³/año,



mientras que para Monóvar la demanda estimada se eleva a 1,2 hm³/año. Con ello la demanda global de estos municipios externos a la comarca del Alto Vinalopó, pero que se abastecen íntegramente de sus aguas subterráneas, se eleva a 6,2 hm³/año.

Otros elementos de la demanda

Como se ha citado anteriormente, existen algunas entidades muy relevantes que siendo independientes de otros usuarios del Alto Vinalopó (CGUAV), sin embargo bombean cantidades muy importantes de los acuíferos del mismo y los exportan a comarcas vecinas. Las más importantes son: Aguas Municipalizadas de Alicante, Sociedad del Canal de la Huerta de Alicante y Ayuntamiento de Elche.

Aguas Municipalizadas de Alicante (AMA), obtiene una parte importante de los recursos que gestiona de las unidades hidrogeológicas 08.36 (Yecla-Villena-Banejama), 08.41 (Peñarrubia) y 08.43 (Argueña-Maigmo), bien de sus propias captaciones o de otras pertenecientes a otras entidades a las que habitualmente compra importantes volúmenes de agua, como se deduce de la información facilitada por usuarios del Alto Vinalopó y el MAPA (1995). El destino principal de esta agua gestionada por AMA es el consumo urbano

de L'Alacantí, aunque en su recorrido aguas abajo suministra a otros centros como la Colonia de Santa Eulalia (Villena-Sax), Petrer y Agost. El volumen anual de las extracciones de AMA en el Alto Vinalopó se puede estimar del orden de 18-20 hm³/año, distribuidos desigualmente a lo largo del año, 40% en los meses de verano, junio a septiembre, el 33% en los meses de marzo a mayo y octubre y el 27% restante de noviembre a febrero. A este volumen que procede de los acuíferos de Solana y Peñarrubia, hay que sumar unos 3 hm³/año que procede de una cesión de la Comunidad de Regantes de La Laguna de Villena extraídos del acuífero Caudete-Villena (U.H. Yecla-Villena-Benejama). Estas cesiones entre diferentes comunidades o entidades son tenidas en cuenta en la simulación de la gestión, para no duplicar elementos de la demanda.

La segunda entidad considerada es la **Sociedad del Canal de la Huerta de Alicante, S.A.**, creada ya en 1908 y que ha tenido y tiene en la actualidad una importante significación en la explotación de los recursos hídricos del Alto Vinalopó. Esta sociedad explota principalmente recursos procedentes del área más oriental de la unidad Jumilla-Villena, en una cuantía evaluada en 13-14,5 hm³/año (1-1,2 hm³/mes casi constantes). El destino final de estos

recursos comprende entidades de riego y abastecimiento urbano, desde el Alto Vinalopó al Alacantí, pasando por el Medio y Bajo Vinalopó, con poblaciones abastecidas tan importantes como Elda, Petrer, Novelda, Agost, Muchamiel y El Campello. La fracción dedicada a demandas de la comarca del Alto Vinalopó es pequeña (menos del 2%) del total gestionado, que en la simulación se ha supuesto en 14,5 hm³/año.

Ayuntamiento de Elche. El tercer elemento de demanda externa considerado es el Ayuntamiento de Elche con unos 200.000 habitantes, tiene una demanda global de 16 hm³/año, satisfecho en una parte muy importante con aguas superficiales procedentes de la Mancomunidad de Canales del Taibilla. El complemento a este suministro le viene procedente de los acuíferos del Alto Vinalopó a través de la adquisición de recursos hídricos a la Sociedad J.M. Los Frutales, de Villena. El volumen procedente del Alto Vinalopó para Elche se puede estimar de acuerdo con las cifras disponibles en 1,3-2,8 hm³/año, en función de la variabilidad de los aportes del Taibilla que dependen de la pluviometría del año correspondiente.

SISTEMA DE UTILIZACIÓN DE RECURSOS HÍDRICOS DEL MEDIO VINALOPÓ

Como en el caso del Alto Vinalopó, el sistema de utilización de recursos hídricos del Medio Vinalopó está integrado por un conjunto de diferentes elementos clasificados en tres categorías: fuentes de suministro –en este caso básicamente los acuíferos y sólo en menor medida otras fuentes como aguas superficiales externas al sistema y aguas residuales–, elementos de demanda –como siempre demanda agrícola, urbana e industrial– y finalmente infraestructuras, que permiten la interconexión y regulación entre las dos primeras categorías.

En el año 2004 se llevó a cabo el proyecto denominado “Simulación de la Gestión de los Residuos Hídricos en el MEDIO VINALOPÓ” (DPA-IGME, 2004), en el cual se definieron y analizaron en detalle estos elementos.

Fuentes de suministro

Sistemas acuíferos

También en el Medio Vinalopó los acuíferos constituyen la principal fuente de suministro de agua, de forma que en conjunto satisfacen hasta el 90% de la demanda. Para ello se explotan 10 unidades hidrogeológicas cuya enumeración se presenta en la tabla 4.2.

De las que, las cuatro primeras están localizadas geográficamente en el Alto Vinalopó en su integridad y las dos siguientes comparten su localización entre el Alto y el Medio Vinalopó.

Aguas superficiales

Las escasas aguas superficiales recogidas en la cuenca del río Vinalopó, tienen muy mala calidad a su paso por el Medio Vinalopó, tanto por su procedencia de vertidos residuales –urbanos o industriales– como por su contenido salino como consecuencia de su paso

por materiales evaporíticos triásicos. Las aguas de Manadero del Vinalopó, en cabecera de la cuenca, son captadas y utilizadas en el Alto Vinalopó y por lo tanto se consideran integradas en dicho sistema de utilización.

Finalmente, existe un aporte puntual de aguas superficiales externas al sistema y que procedentes de la cuenca del Segura a través de la Mancomunidad de Canales de Taibilla, se destina a satisfacer parte de la demanda urbana de los municipios de Aspe y Hondón de las Nieves.

Unidades Hidrogeológicas	
Nº	Nombre
08.35	Jumilla-Villena
08.36	Yecla-Villena-Benejama
08.40	Sierra Mariola
08.41	Peñarrubia
08.42	Carche-Salinas
08.43	Argueña-Maigmo
08.49	Agost-Monnegre
08.50	Sierra del Cid
08.51	Quibas
08.52	Sierra de Crevillente

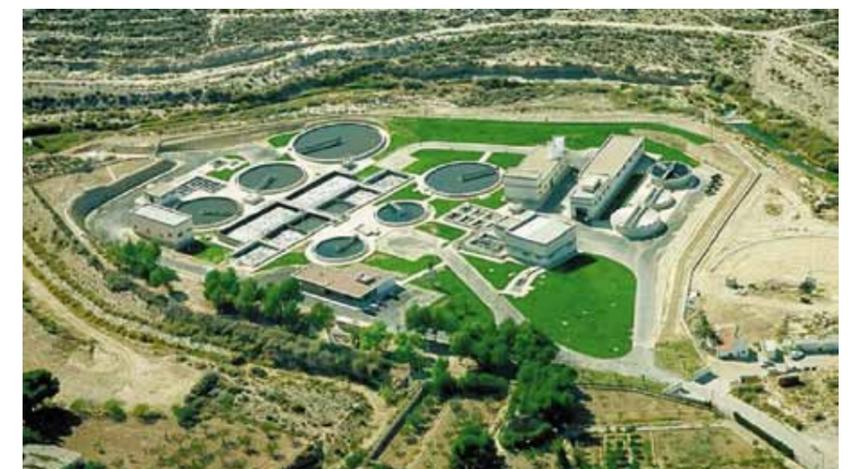
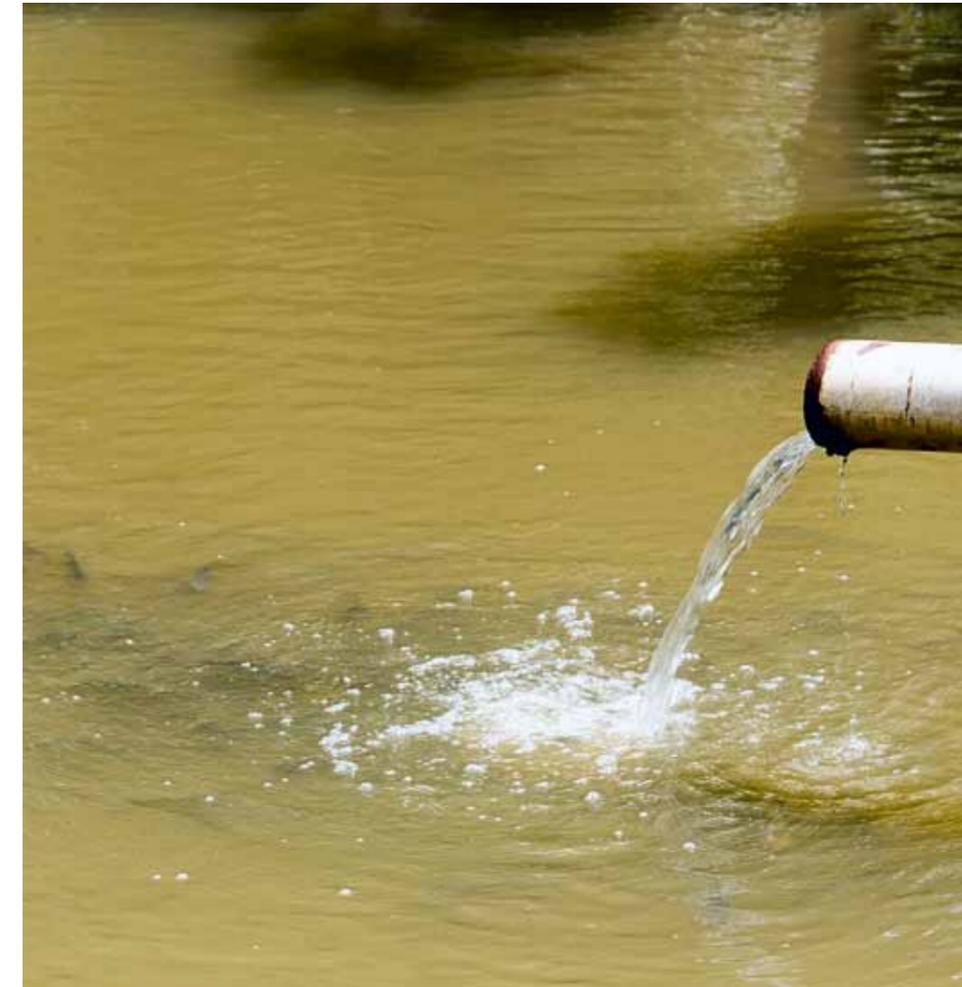
Tabla 4.2. Unidades Hidrogeológicas en el Medio Vinalopó

Aguas residuales

En el sistema del Medio Vinalopó hay que considerar como un recurso alternativo, en progresivo uso actualmente, la reutilización de las aguas residuales depuradas para regadío. Algunas comunidades de regantes ya cubren con estos recursos hasta el 30% de su demanda y se puede considerar que existe un alto potencial de reutilización futura.

En la simulación de la gestión de recursos hídricos del Medio Vinalopó, se ha considerado el conjunto de estaciones depuradoras de aguas residuales de los siguientes municipios o localidades:

- Pinoso
- Algueña
- Pedanía de Monóvar
- Valle del Vinalopó
- La Romana
- Hondón de los Frailes
- Hondón de las Nieves
- Aspe
- Novelda
- Agost
- Rincón del León
- Castalla



E.D.A.R. mancomunada del Valle del Vinalopó



Infraestructuras de regulación e interconexión

No existen en el Sistema del Medio Vinalopó obras de regulación de aguas superficiales. Las comunidades de usuarios disponen de numerosas balsas de regulación de hasta 1 hm³ de capacidad que reciben las aguas procedentes de las extracciones de acuíferos, para su inmediata distribución a los diferentes usuarios.

En la simulación de la gestión de los recursos hídricos del Medio Vinalopó, se ha tenido en cuenta –en aquellas alternativas que consideran el futuro trasvase Júcar-Vinalopó– el embalse de regulación previsto para las aguas procedentes de dicha infraestructura. De acuerdo con la información de Aguas del Júcar, S.A., este embalse situado en las proximidades de la pedanía de La Encina (Villena) tendrá una capacidad de 20 hm³.

En lo referente a las infraestructuras de interconexión entre las fuentes de suministro y los centros de consumo, incluyendo tanto las conducciones actuales como las futuras del Plan de Modernización de Regadíos del Medio Vinalopó, se ha comprobado que no suponen en su capacidad de transporte un límite para la satisfacción de la demanda, por lo que a efectos de la simulación se han considerado como una conexión equivalente directa entre aportes y centros de demanda.

Elementos o centros de demanda

Como en el caso del Alto Vinalopó, en la comarca del Medio Vinalopó existe una numerosa representación de comunidades y asociaciones de usuarios, que en una parte importante están integradas en la Comunidad General de Usuarios del Medio Vinalopó y L'Alacantí (CGUMVA). Los datos aportados por estas agrupaciones de usuarios han resultado básicos a la hora de estimar y cuantificar los diferentes elementos de demanda presentes en el sistema, tanto la urbana como la agrícola.

Demanda agrícola

Para el desarrollo de la simulación de la gestión de recursos hídricos en el Medio Vinalopó se ha caracterizado cada centro de demanda agrícola mediante los datos de consumo medio mensual. Para ello, se han utilizado fundamentalmente datos aportados por las diferentes entidades de riego y por la CGUMVA. También se ha incorporado una descripción del grado de reutilización de aguas residuales por cada entidad.

Las entidades de riego se han agrupado por proximidad geográfica y origen del agua en 10 centros de demanda, que se describen a continuación:

- Riegos de Pinoso: SATs Aguas de Pinoso y Santa Bárbara de Ubeda
- Riegos de Monóvar: SATs Alciri, Casas de Juan Blanco y Percamp.
- Riegos de La Algueña: CR de La Algueña
- Riegos de La Romana: SAT La Romana, Coop. La Romana, CR Hondón de Monóvar y CR Chinorlet
- Riegos de los Hondones: SATs Hondón de las Nieves y Hondón de los Frailes
- Riegos de Aspe: SAT Virgen de las Nieves y CR Zona Baja de la Huerta Mayor
- Riegos de Novelda-Elda: CR Aguas de Novelda, SAT Monteagudo y SAT Elda.
- Riegos de Petrer: Coop. Regantes de Petrer
- Riegos de Monforte: CR Monforte del Cid
- Riegos de Agost: CR Virgen de la Paz y Canalillo

En el gráfico de la figura 4.1 se presenta, para cada uno de estos centros (incluidas todas las entidades), la superficie total regada para el período en que se disponía de datos durante la realización del estudio de simulación de la gestión antes mencionada (generalmente incluidos en el período 1995-2001).

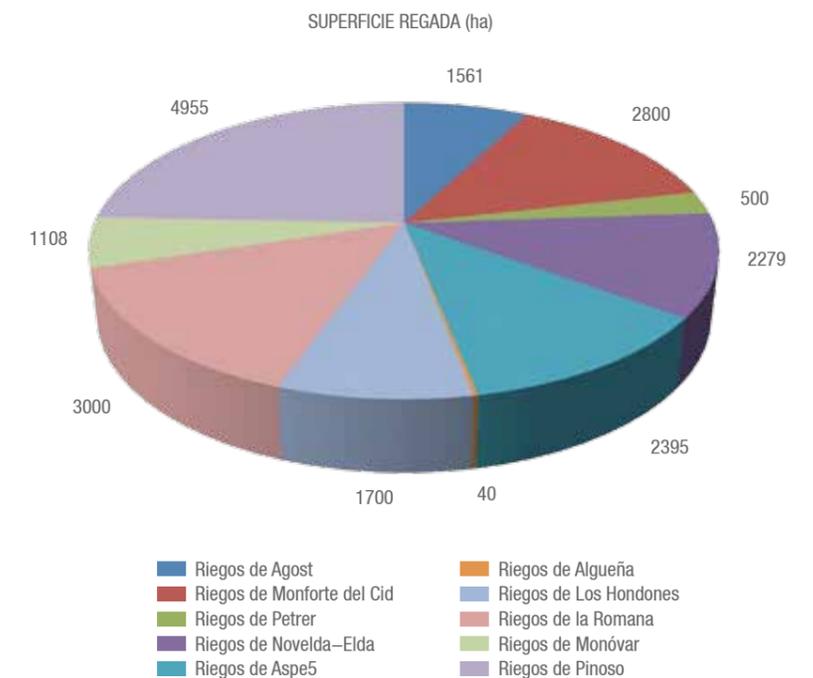


Figura 4.1. Centros de demanda de agua para riegos

En resumen, de las casi 30.000 ha de superficie regable que agrupan estos centros de demanda agrícola, estaban realmente en regadío del orden de 20.000 ha, con un consumo medio anual en el período considerado de 49,58 hm³, según los datos de las propias entidades de riego, que contrasta con la demanda media potencial estimada por la CGUMVA que para todos ellos se eleva a 68,14 hm³.

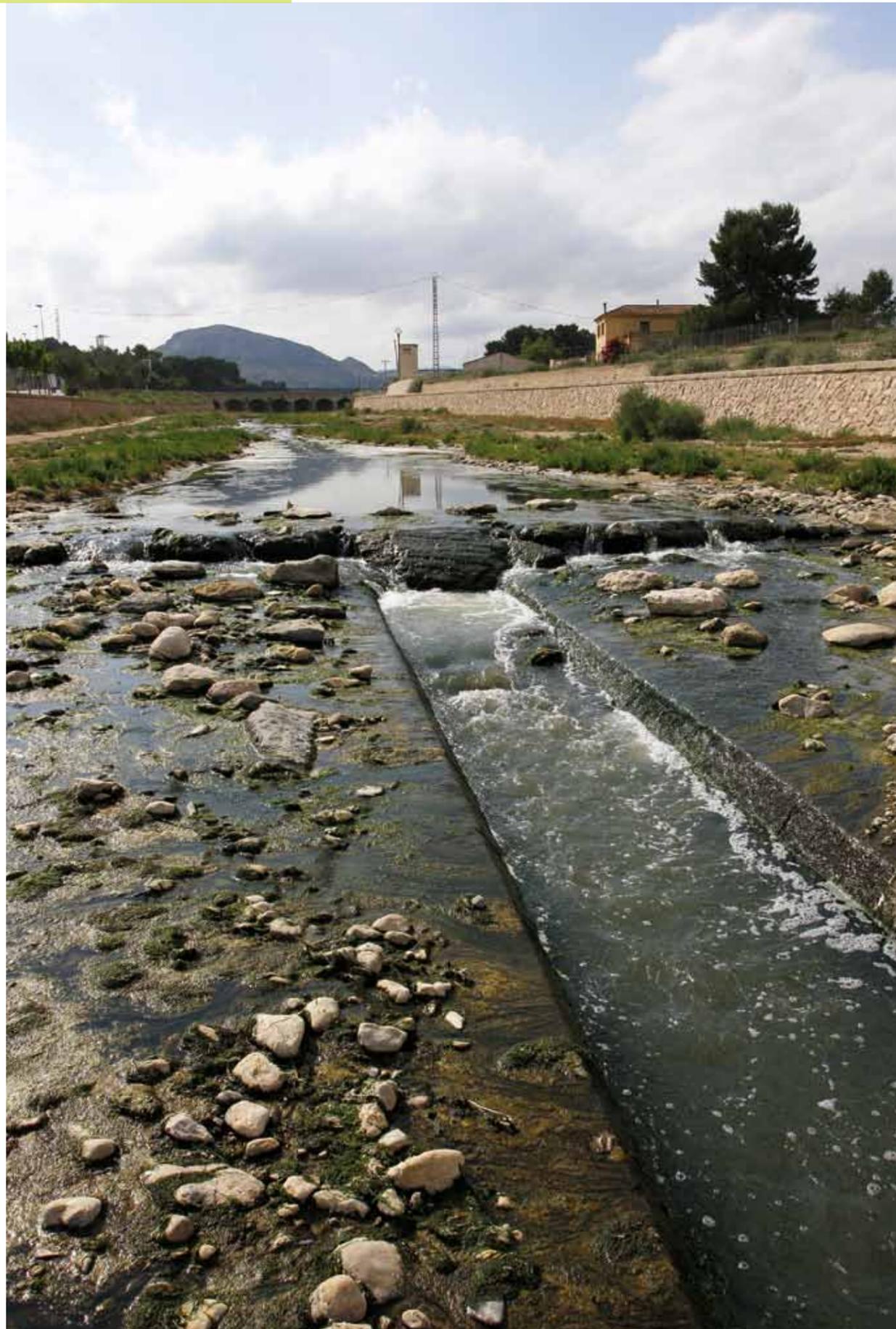
El Mapa del Agua (DPA.2007) estima el consumo global, incluyendo los Riegos de Agost, en 50 hm³/año para un total de 15.000 ha en riego.

Demanda urbana

El estudio de la demanda urbana en el Medio Vinalopó se ha centrado en el análisis de los datos de consumo de aguas subterráneas correspondiente a los once municipios situados en la comarca y la inclusión del municipio de

Agost por su vecindad y relación con este sistema hídrico. Así los centros de demanda urbana considerados son:

- Pinoso
- Monóvar
- Elda
- Petrer
- Algueña
- La Romana
- Novelda
- Monforte
- Hondón de los Frailes
- Hondón de las Nieves
- Aspe
- Agost



Cauce del Vinalopó a su paso por Novelda

En 2001 estos municipios sumaban un total de 135.638 habitantes. Cinco de ellos superaban los 10.000 (Elda, Petrer, Monóvar, Aspe y Novelda), siendo Elda el de mayor concentración urbana con 51.816 vecinos. Entre 1992 y 2001 la población de este conjunto aumentó un 3,5% que se puede considerar con un incremento moderado, lo que evidencia la estabilidad demográfica de la comarca.

Se ha llevado a cabo una estimación de la demanda de agua para esta población (2001) con las dotaciones teóricas establecidas en el PHJ que establece para poblaciones de menos de 10.000 habitantes una dotación máxima de 240 l/hab·día. Para las poblaciones de más de 10.000 y menos de 50.000 se ha establecido una dotación de 300 l/hab·día y finalmente, para Elda se ha asignado 350 l/hab·día. Con estas dotaciones se ha elaborado la tabla 4.3, obteniendo una demanda urbana total para la comarca de 17,5 hm³/año.

Estos datos teóricos difieren a veces bastante de los datos de consumo de agua o de agua suministrada, facilitados por los Ayuntamientos o por las sociedades gestoras del servicio de abastecimiento.

En el mencionado Mapa del Agua de 2007, el consumo, incluyendo Agost, se cifra en 13,9 hm³/año.

Población	Demanda teórica (m ³ /año)
Pinoso	550.000
Monóvar	1.304.000
Elda	6.619.000
Petrer	3.237.000
Algueña	127.000
La Romana	179.000
Novelda	2.640.000
Monforte	472.000
Hondón de los Frailes	51.000
Hondón de las Nieves	147.000
Aspe	1.827.000
Agost	363.000
	17.516.000

Tabla 4.3. Demanda urbana teórica en el Medio Vinalopó

5

RECURSOS HÍDRICOS. APORTACIONES AL SISTEMA DE EXPLOTACIÓN DEL RÍO VINALOPÓ

Habitualmente, en los estudios de gestión de uso conjunto de recursos hídricos y en los modelos utilizados para ello, se requiere disponer de las aportaciones que registra el sistema en régimen natural. Es decir, los caudales que circulaban por ríos y acuíferos antes de cualquier alteración antrópica. Sin embargo, a veces, y este es el caso del sistema del Río Vinalopó, la deficiencia o falta de datos obliga a sustituir el término aportaciones en su sentido más estricto por el de recursos hídricos, que aunque muy próximo, no es igual. Así ha sido necesario operar en el caso del Río Vinalopó.

Los recursos hídricos que se han considerado, pueden ser clasificados como siempre en tres grandes grupos: recursos de aguas de escorrentía superficial de la cuenca, recursos de agua de escorrentía subterránea de la cuenca y otros recursos –en los que se incluye los no naturales y los externos a la cuenca.

Respecto de los primeros, en la cuenca del Río Vinalopó se puede decir que, siendo los únicos disponibles hasta finales del siglo XIX, cuantitativamente han sido muy escasos y de difícil regulación por la variedad de la pluviometría en esta cuenca. Esta escasa relevancia, se hace aún menor, cuando con el paso del siglo XX se ponen en marcha la intensa explotación de los acuíferos que da lugar a la práctica desaparición de los manantiales que mantenían la citada escorrentía superficial. No obstante lo anterior, en los estudios realizados por IGME y DPA, se ha analizado toda la

información disponible con objeto de llevar a cabo una estimación, aunque sólo sea aproximada, de la aportación natural de la escorrentía superficial en la cuenca. Más adelante se presenta el resultado de este análisis.

En cuanto al segundo grupo de recursos hídricos constituido por las aguas subterráneas, en la multitud de estudios llevados a cabo en la zona, fundamentalmente por el IGME y la DPA, se han valorado las características de las Unidades Hidrogeológicas incluidas y que ya se han mencionado en capítulos anteriores. Dentro de estas características valoradas se encuentra la recarga natural del acuífero procedente siempre de la infiltración de las aguas de pluviometría, y que es asimilable a la escorrentía subterránea.

Finalmente, en el tercer grupo –otros recursos– se han considerado los denominados no convencionales, como las aguas residuales depuradas, explotadas en la actualidad sólo parcialmente, y los recursos procedentes de áreas externas a la cuenca –generalmente recursos superficiales– como son los procedentes de la cuenca del Segura, que se utilizan en abastecimientos urbanos del Medio y Bajo Vinalopó.

Con independencia de estos tres grupos de recursos hídricos y con consideración propia y especial se ha analizado la aportación del futuro trasvase Júcar-Vinalopó (TJV) que tendrá una incidencia importante en la futura gestión de los recursos hídricos de la cuenca del Río Vinalopó.

RECURSOS HÍDRICOS SUPERFICIALES

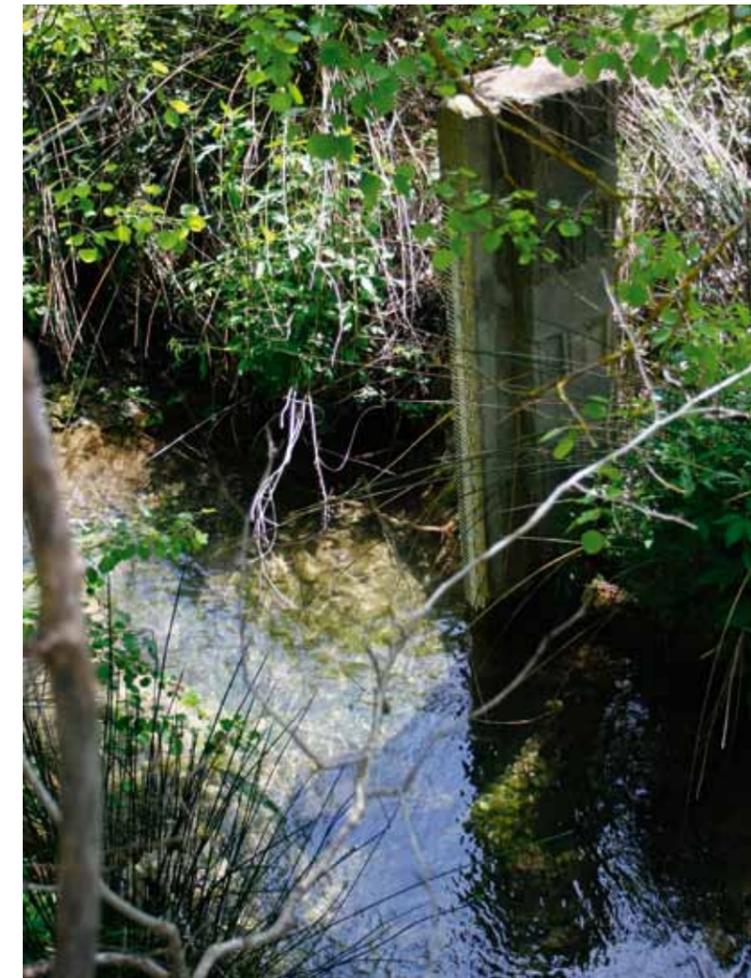
Los tres principales elementos a considerar en este apartado son: las aportaciones de la escorrentía superficial del río Vinalopó, las salidas del denominado *Manadero del Río Vinalopó* (Font de la Coveta) que pasando de escorrentía subterránea a escorrentía superficial, se convierte en el caudal de base del río, y las escasas aportaciones de pequeñas cuencas vertientes existentes en la zona.

Escorrentía superficial del río Vinalopó

En la cuenca del río Vinalopó existen tres estaciones de aforo históricas denominadas 8080, 8081 y 8083 (ver figura 2.1), con diversa y, en general, muy escasa información. La primera está situada en el tramo alto del río, entre Banyeres de Mariola y Beneixama, la segunda se encuentra a la salida de las depresiones de Villena-Benejama y Villena-Biar (Santa Eulalia) antes del T.M. de Sax y finalmente la tercera en Aspe, al final del Medio Vinalopó. Además existe una sección con escala graduada aguas arriba de Banyeres de Mariola, próxima al Molí Dalt y otra en la salida de la Font de la Coveta.



Nacimiento de la Font de la Coveta



Escala limnimétrica de medida junto Molí Dalt (curso Alto Vinalopó)

De la primera de ellas no se ha conseguido datos de aforo que permitan junto a datos meteorológicos valorar las aportaciones. Estas aportaciones proceden de los manantiales de Sierra Mariola. Existen algunas cifras que elevan estos recursos hasta los 10 hm³/año sin justificación clara. El dato más claro para esta zona es que la entidad de riego del Valle de Beneixama tiene una concesión de 1,2 hm³/año de aguas del Río Vinalopó, llegando a considerarse en punta caudales de 170 l/s.

La estación 8081 recoge prácticamente todos los recursos superficiales que se generan en la comarca del Alto Vinalopó, mientras que la diferencia entre la 8083 y 8081 correspondería a los aportes naturales procedentes del Medio Vinalopó. Los datos existentes de la estación de aforo 8081 se refieren a tres períodos históricos: 1912-1931, 1942-1953 y 1965-1971. Los dos primeros pueden asimilarse a condiciones más próximas al régimen natural de la cuenca, mientras que el último ya representaría un período con incidencia antrópica.

En el primero de estos períodos las aportaciones son las menos influenciadas por la acción del hombre. En la tabla 5.1 se presentan los valores de la aportación anual.

De esta tabla puede extraerse que el valor de la aportación media anual es de 13,69 hm³/año, con un máximo de 30,9 hm³/año en el ciclo 1929-30 y un mínimo de 6,44 hm³/año en el 1913-14, existiendo un incremento notable en los caudales a partir de 1923-24 hasta el final del período, lo que debe corresponderse con un período húmedo en los años finales del rango disponible.

Año hidrológico	Aportación anual (hm ³ /año)
1912-13	9,28
1913-14	6,44
1914-15	10,28
1915-16	12,59
1916-17	8,99
1917-18	9,34
1918-19	8,25
1919-20	13,32
1920-21	9,85
1921-22	9,18
1922-23	13,29
1923-24	15,69
1924-25	19,00
1925-26	17,08
1926-27	22,21
1927-28	8,76
1928-29	21,26
1929-30	30,90
1930-31	14,46

Tabla 5.1. Datos más antiguos existentes de aportación anual en la estación 8081 del Río Vinalopó

Curso alto del Vinalopó



Escala limnimétrica junto al nacimiento de la Font de la Coveta



Aforo en el Manadero del Río Vinalopó

Como ya se ha citado, el denominado manadero del Vinalopó, situado en el TM de Bocairante (provincia de Valencia), drena el acuífero de Sierra Mariola. Su flujo constituye una parte del caudal de base del río Vinalopó. Este caudal está controlado por la estación del aforo E-66 en la que se mide diariamente la altura de la lámina de agua, aunque las mediciones no han sido continuas en el tiempo.

El período analizado es el mejor de los tres citados, siendo el que más dificultades de interpretación presenta el último de ellos 1965-71, posiblemente por ser el más influenciado antrópicamente. Todos los intentos de homogeneización han resultado frustrados. La falta de datos meteorológicos en el primer período 1912-1931, impide la utilización de

relaciones directas entre precipitaciones y aportaciones.

El mismo escaso resultado se ha obtenido en los análisis estadísticos llevados a cabo en la estación 8083, situada en Aspe (Medio Vinalopó), existiendo una importante variación temporal en la relación altura de la misma-caudal estimado.

Se ha podido deducir cualitativamente que el coeficiente de agotamiento es muy bajo, si bien existe dificultad para asignarle un solo valor. Con los aforos directos disponibles en el período reciente 1988-1999 no se ha podido elaborar una buena curva de gasto, debido a la escasa correlación entre altura de lámina y caudal medido.

La incertidumbre existente en cuanto a la validez de los datos de aforo en el cauce del río (estación 8081) es también aplicable a los datos del Manadero del Vinalopó.

Recientemente, y para mejorar esta situación, se ha acondicionado una sección de aforo telecontrolada vía radio (sistema de telecontrol del Dpto. de Ciclo Hídrico de la DPA) en la acequia de derivación del caudal circulante por el río para los regantes de Bocairant, Banyeres y Beneixama. La toma se produce aguas arriba de Banyeres de Mariola y capta la prác-

tica totalidad del caudal circulante, salvo en los periodos de aguas altas, con crecidas tras fuertes lluvias.

Aportaciones de pequeñas cuencas vertientes en el Alto Vinalopó

La tercera componente de la escorrentía superficial o recursos hídricos superficiales atribuible a la cuenca del Río Vinalopó, está constituida por las aportaciones que se obtienen de pequeñas cuencas vertientes que confluyen en la zona baja de la comarca del Alto Vinalopó. Aunque no existen datos o medidas de esta aportación, poco significativas por otra parte, la Diputación Provincial de Alicante realizó un estudio de simulación de la escorrentía a partir de la precipitación diaria. Un total de 310 km² distribuidos en 25 pequeñas

subcuencas situadas en el entorno de las depresiones de Villena-Benejama y Villena-Biar fueron simuladas. Esta superficie afecta a unidades hidrogeológicas como Jumilla-Villena, Yecla-Villena-Benejama, Sierra de Mariola, Peñarubia y Carche-Salinas.

Los resultados de la simulación se presentan a escala mensual, existiendo algunos meses con aportaciones globales superiores a los 25 hm³. Sin embargo, éstas son debidas a fuertes tormentas de corta duración y por lo tanto difícilmente regulables. Parte de esta escorrentía debe convertirse tras su infiltración en escorrentía subterránea constituyendo una de las principales fuentes de recarga natural de los acuíferos. No obstante, dada la simplificación que se aplica en la modelización de los acuíferos, ya mencionada anteriormente, no se consideran estas aportaciones a la hora de modelizar la gestión de los recursos hídricos.

RECURSOS HÍDRICOS SUBTERRÁNEOS

El segundo grupo de fuentes de recursos hídricos citado en el inicio de este capítulo, lo constituyen los recursos hídricos procedentes de los acuíferos o aguas subterráneas. Si se identifican los recursos de un acuífero con la recarga natural del mismo –aunque en términos estrictos no sean lo mismo– se podrá deducir que estos recursos subterráneos coinciden con la escorrentía subterránea y por lo tanto con la componente subterránea de las aportaciones hídricas de la zona considerada. Esta aproximación es aceptable en el caso de la cuenca del río Vinalopó, donde el estado de explotación de las unidades hidrogeológicas se encuentra tan alejado del estado natural y en la que durante el proceso de modelización de la gestión de los recursos del Alto Vinalopó se ha llegado a la simplificación de consi-

derar, inicialmente, la explotación –extracciones de agua subterránea– como correspondiente al valor máximo de los recursos disponibles.

Sin embargo, como ya se ha comentado anteriormente, la multitud de estudios hidrogeológicos llevados a cabo por la DPA e IGME ha permitido valorar la recarga natural y el grado de explotación de las diferentes unidades hidrogeológicas implicadas, por lo que es posible evaluar globalmente la aportación de recursos hídricos de origen subterráneo del sistema estudiado.

Como también se ha mencionado repetidamente, son diez las unidades hidrogeológicas de cuya explotación participa el Sistema de Recursos Hídricos del Río Vinalopó, de las que cuatro se localizan íntegramente en el Alto

Recarga natural y explotación de las Unidades Hidrogeológicas					
Nº U.H.	Nombre U.H.	Extensión (km ²)	Recarga natural (hm ³ /año)	Explotación (hm ³ /año)	Balance
08.35	Jumilla-Villena (sector Alicante)	317	6	26	-20
08.36	Yecla-Villena-Benejama	200	29	37	-8
08.40	Sierra Mariola	547	14	14	0
08.41	Peñarubia	45	1,6	3,4	-1,8
08.42	Carche-Salinas	192	4	12	-8
08.43	Argueña-Maigmo (Sector Vinalopó)	103	4,9	4,9	0
08.49	Agost-Monnegre (Ventós)	18	0,11	0,18	-0,07
08.50	Sierra del Cid	80	3,3	3,3	0
08.51	Quibas	317	4,34	9	-4,67
08.52	Sierra de Crevillente	100	3	10	-7
			70,25	119,78	-49,54

Vinalopó, dos comparten localización geográfica entre Alto Vinalopó y Medio Vinalopó y finalmente otros cuatro se encuentran íntegramente en el Medio Vinalopó.

En la tabla 5.2 y gráfico de la figura 5.1 se presentan los datos extraídos de diferentes fuentes, pero esencialmente de *Mapa del Agua* (DPA, 2007). Hay que señalar que en este documento el análisis está realizado por acuíferos y en la mayoría de los casos cada unidad hidrogeológica, de las diez mencionadas, incluyen varios acuíferos, por lo que la tabla integra los datos individuales de cada uno de los acuíferos incluidos en cada unidad.

Junto a la extensión total de la Unidad Hidrogeológica (que incluye formaciones permeables e impermeables), se indica la recarga natural estimada, la explotación conocida y la diferencia entre ambas, que en caso positivo significa un excedente, mientras que en caso negativo representa un déficit.

Estado de explotación de las Unidades Hidrogeológicas del Vinalopó

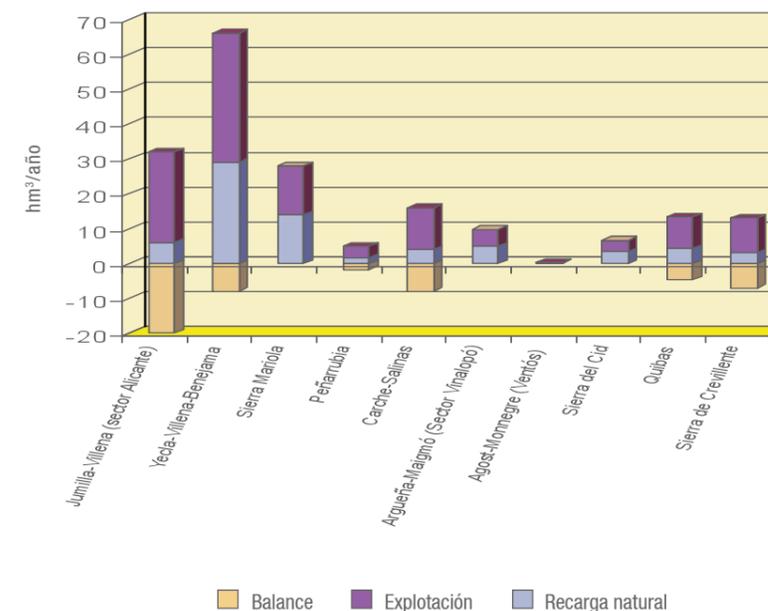


Tabla 5.2 y Figura 5.1. Estado de explotación de las Unidades Hidrogeológicas del Río Vinalopó (*Mapa del Agua* 2007)

OTROS RECURSOS HÍDRICOS

En este tercer grupo se incluyen los recursos hídricos denominados no naturales como es el caso de los procedentes de la depuración de aguas residuales urbanas e industriales y el caso de recursos externos al sistema que se incorporan mediante transferencia o trasvases.

En cuanto a los primeros, ya existe una relevante tradición en la utilización de estos recursos en el Valle del Río Vinalopó, si bien quedan todavía cantidades de agua depurada que se vierten al Río Vinalopó, constituyendo un recurso hídrico potencialmente utilizable. La información existente sobre el grado de depuración de las aguas residuales urbanas y el nivel de reutilización de dichas aguas en riego, está muy dispersa en diferentes fuentes, con datos en general, contradictorios y de difícil integración. En los estudios de simulación de la gestión de residuos hídricos en la cuenca del Río Vinalopó (Alto y Medio Vinalopó), realizado por la DPA y el IGME, se ha trabajado con los datos obtenidos directamente de las empresas responsables de la gestión de las plantas de tratamiento de aguas residuales y de la Entitat de Sanejament d'Aigües Residuals de la Comunitat Valenciana (IGME y DPA, 2000). Estos datos de base se han completados con otros datos de la DPA procedentes de diferentes estudios locales.

En total se han considerado datos de aguas depuradas en las siguientes estaciones de tratamiento de aguas residuales urbanas:

- **Alto Vinalopó**

- Banyeres de Mariola
- Biar
- Campo de Mirra
- Salinas
- Villena

- **Medio Vinalopó**

- Pinoso
- Algueña
- Pedania de Monóvar
- Valle del Vinalopó (Elda-Petrer)
- La Romana
- Hondón de los Frailes
- Hondón de las Nieves
- Aspe
- Novelda
- Agost
- Rincón del León
- Castalla

Para el Alto Vinalopó, el potencial de recursos de aguas depuradas se puede elevar hasta 4 hm³/año, que actualmente se depuran en su totalidad y se utilizan también prácticamente en su totalidad.

En cuanto al Medio Vinalopó el potencial de producción de agua depurada en las estaciones de tratamiento de las



poblaciones situadas en esta comarca se puede evaluar en 14 hm³/año, equivalentes a la parte no consuntiva de la demanda urbana de recursos hídricos. Actualmente, de acuerdo con la información disponible se reutilizan en el Medio Vinalopó un total de 9 hm³ de aguas residuales depuradas.

Finalmente, incluidas también en el grupo de otras aportaciones al sistema, se encuentra el volumen de agua, en general superficial, que se transfiere desde las cuencas de los ríos Segura y Tajo, a través de la Mancomunidad de Canales de Taibilla, con el objetivo de satisfacer la demanda urbana de municipios incluidos en la cuenca del río Vinalopó. Si bien en los estudios llevados a cabo por IGME y DPA (Alto y Medio Vinalopó) este aporte de agua superficial ha sido cuantificado para el caso de los municipios de Aspe y Hondón de las Nieves en una cifra de 1 hm³/año, se tiene constancia de un aporte bastante más importante a poblaciones situadas en el Bajo Vinalopó, como Elche que, con una población de 200.000 habitantes, cubre una gran parte de los 16 hm³/año de su demanda urbana, con aguas de dicha procedencia.

6

INFRAESTRUCTURAS DE TRANSPORTE Y ALMACENAMIENTO

CONDUCCIONES

Un aspecto que caracteriza el sistema de satisfacción de demandas hídricas en el Valle del Vinalopó es la extraordinaria complejidad de las relaciones entre fuentes de recursos hídricos y entidades de demanda. Tanto en el Alto como en el Medio Vinalopó existen múltiples usuarios que consumen recursos procedentes de diferentes orígenes y a la inversa fuentes de recursos que abastecen a diferentes usuarios llegándose, a veces, a trasladar importantes cantidades de agua a más de 100 km, para satisfacer las mencionadas demandas.

Todo ello ha originado la creación a lo largo del siglo XX, de una intrincada red de conducciones de agua que recorren todo el valle, desde sus cotas más elevadas hasta la misma costa. Aunque pudiera parecer una necesidad de primer orden, en una comarca con tanto desequilibrio entre demanda y recursos hídricos, el conocimiento preciso de esta compleja red de conducciones se presenta en la práctica como una utopía casi inalcanzable. Incluso las Comunidades Generales de Usuarios solo tienen un conocimiento parcial de la misma. Esta dificultad aumenta si se tiene en consideración la multitud de pequeñas conexiones realizadas por los usuarios para comunicar los puntos de consumo con las balsas de almacenamiento del agua subterránea bombeada de las unidades hidrogeológicas. Es muy habitual que los usuarios modifiquen en el tiempo el origen del agua que consumen, en función de factores muy diversos como disponibilidad, calidad de agua y precio de la misma.



Partidor de Banyeres de Mariola que todavía distribuye y conduce las aguas de la parte alta del Vinalopó a los regantes del Valle de Beneixama, Bocairente y Banyeres de Mariola

Otros aspectos físicos del sistema de distribución contribuyen a la complejidad de la red de transporte: la incorporación a las grandes conducciones en su trazado hacia los centros de consumo costeros, de aguas de diferentes unidades hidrogeológicas, el aumento progresivo de las conducciones que comunican las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales con sus balsas de regulación y con los usuarios de las mismas, etc.

Aunque se han realizado diversos intentos de inventariar toda la red de conducciones, todos ellos parecen no integrar el 100% de la misma. En la práctica se ha buscado censar al menos las conducciones de alta capacidad que, en definitiva, son las más significativas y limitantes a la hora de gestionar desde un punto de vista global los recursos hídricos de todo el Valle del Vinalopó. Entre estos intentos de inventario, el que parece más completo es el realizado por el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación en 1995, que recoge inventarios anteriores y los actualiza con trabajos propios de campo. En él se integran las conducciones con los sondeos que las alimentan y destino final del agua. Tomando como base este inventario, y considerando los trabajos de Rico (1994), datos propios de la D.P.A, a partir de los trabajos realizados con Proaguas Costablanca, la información particular de usuarios del Valle, así como otros datos procedentes de la Confederación Hidrográfica del Júcar, IGME y D.P.A. elaboraron en el año 2000 el mapa de conducciones que se incluye en el mapa adjunto, complementado con la tabla 6.1 que resume esquemáticamente la relación entre propiedad de la conducción, origen del agua que transporta, destino final del agua y capacidad de la conducción.

Ambos, mapa y tabla, recogen las conducciones más importantes existentes en el Valle del Río Vinalopó, especialmente las de mayor capacidad, pero sin contemplar una gran parte de las conducciones menores asociadas a entidades de riego.

En la realización de los estudios por parte de IGME y DPA, no ha sido posible obtener información fidedigna sobre pérdidas en las conducciones, salvo para la conducción de la Sociedad del Canal de la Huerta de Alicante.

En el período en que se realizaron estos estudios, 2000-2004, se estaba llevando a cabo por parte de la Consellería de Agricultura, Pesca y Alimentación de la Comunidad Valenciana un plan de obras para la mejora de la gestión de los regadíos y la adecuación de las infraestructuras de riego al futuro trasvase de aguas Júcar-Vinalopó. Este plan de obras llevará asociado en su ejecución la creación de nuevas infraestructuras, entre las cuales se incluyen conducciones, así como las modernizaciones de otras ya existentes.

Como se pone de manifiesto en la tabla 6.1 las conducciones más importantes y de mayor capacidad son las que exportan agua desde bombeos de los acuíferos del Alto Vinalopó hasta los grandes consumidores del Medio y Bajo Vinalopó y de L'Alacantí: Canal de Aguas Municipalizadas de Alicante, Canal de la Sociedad del Canal de la Huerta de Alicante, Canal de Aguas de Novelda, Canal de la C.R. de Monforte del Cid, etc.

Propietario	Pozos o grupo de pozos que la alimentan	Destino del agua	Capacidad máxima asignada (l/s) según MAPA 1995 ó (CHJ)
Santiago Apóstol	Alhorines	Santiago Apóstol	300
Huerta y Partidas de Villena	Mina del Rosario, Fisura	Huerta y Partidas de Villena	120
Ayto de Villena	Mina del Rosario, Fisura	Huerta y Partidas de Villena	120
Valle de Beneixama	Saleretes, Peñetes, Nogueral, Candela, Calera	Valle de Beneixama	200
Levante Cabezuellas/Consel. Agric.	Morrone	Levante y Cabezuellas	240
Valle de Beneixama	Saleretes, Nogueral	Valle de Beneixama	200
C.R. Monforte del Cid	Garrigós	C.R. Monforte del Cid	400
C.R. Monforte del Cid	Peñetes, Candela, Calera	C.R. Monforte del Cid	400 (400)
S.A.T. La Romana	Boquerón	S.A.T. La Romana	(40)
Consellería Agricultura	Herrada, D. Ciro	C.R. Salinas, S.A.T. La Romana, S.A.T. Úbeda, S.A.T. Percamp, Urb. Monóvar, Úbeda, El Cerezo	220
Ayto de Elda	Esperanza, Garrincho	Urbana de Elda	200 (200)
A.M.A.	Losilla, S. Cristóbal, La Mina, Peñarrubia, S. Pelayo, Peña Chico, Aguarriós	Urb. Monforte, Petrer, S. Juan, Muchamiel, S. Vicente del Raspeig, La Romana, Novelda	1.500 (2.000)
Consellería Agricultura	Peñetes, Candela	La Baldona	120
Consellería Agricultura	Calera	S. Cristóbal Biar, Pinar Alto, Pinar Bajo, Borrel y Pontarró	120
Consellería Agricultura	Peñetes, Candela, Calera	S. Cristóbal Biar, Pinar Alto, Pinar Bajo, Borrel y Pontarró	300
Consellería Agricultura	Peñetes, Candela, Calera	S. Cristóbal Biar	120
Consellería Agricultura	Rosita	Pinar Alto, Borrel y Pontarró	120
Consellería Agricultura	Serrata, Cerruchón, Boquera	S.A.T. Elda, Monteagudo	120 (150)
C. Aguas de Novelda	Quebradas, Patojos	C. Aguas de Novelda	470 (420)
Sociedad Canal Huerta Alicante	Quebradas, Zaricejos, Carrascas	Urb. Elda, Petrer, Novelda, Muchamiel, El Campello Riego Villena, Sax, Novelda, Elche, S. Vicente, Muchamiel, El Campello	425 (500)
J.M. Los Frutales	J.M. Los Frutales	Urbana de Elche	(150)

Tabla 6.1. Resumen de los datos más relevantes de las conducciones de alta capacidad

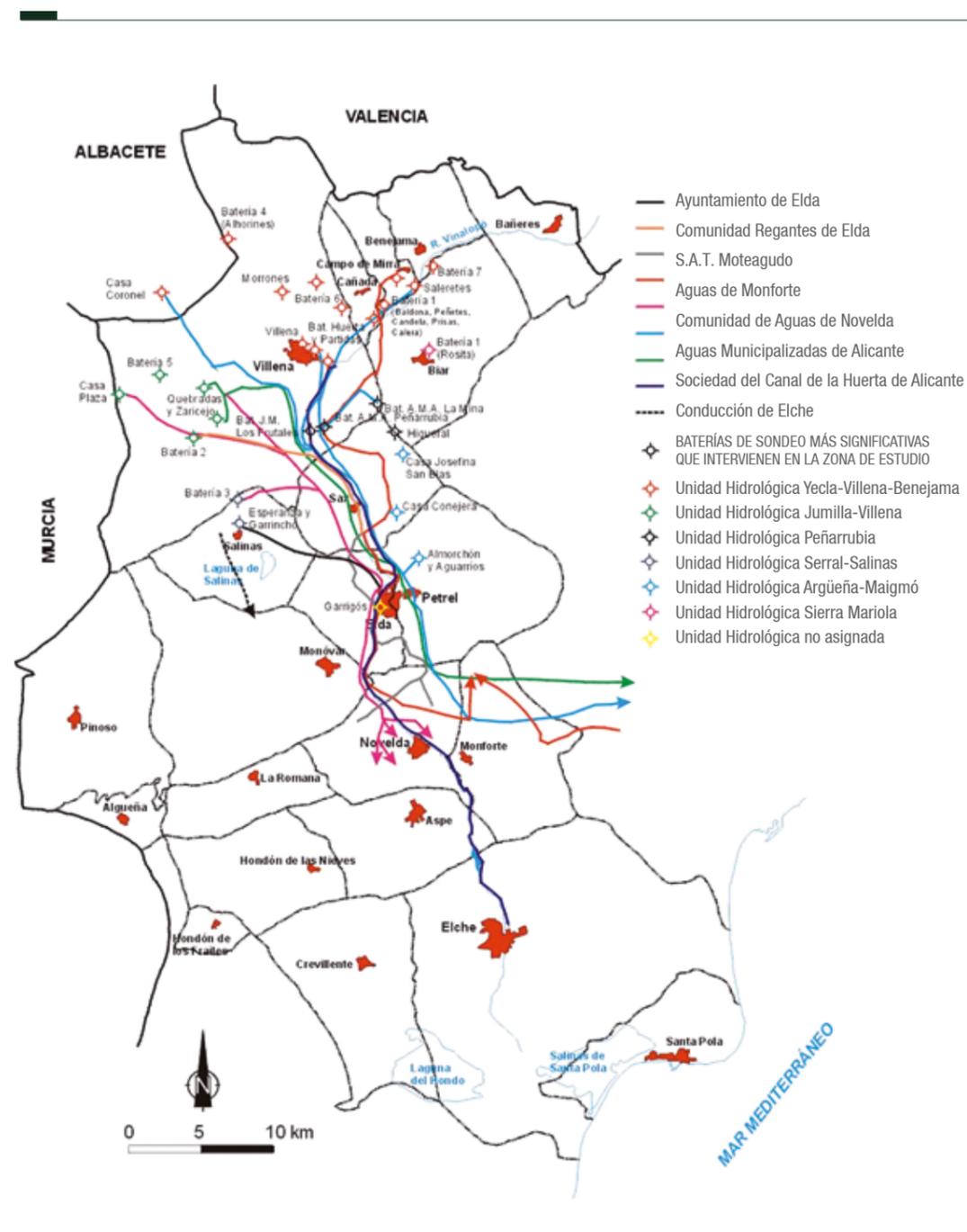


Figura 6.1. Conducciones de alta capacidad de transporte de agua hacia el Medio y Bajo Vinalopó y el Campo de Alicante, y principales baterías de pozos



Balsa de riego en el Medio Vinalopó

INFRAESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO SUPERFICIAL

Dado el origen fundamentalmente subterráneo de los recursos hídricos utilizados en el Valle del Vinalopó, no existen en él grandes infraestructuras de almacenamiento y regulación de superficie. El papel de elemento regulador que tienen los acuíferos y las limitaciones en la capacidad de extracción hacen innecesario el empleo de grandes embalses.

Sin embargo una característica específica del paisaje del Valle del Vinalopó, visto desde cota elevada, es la presencia de numerosas balsas, cuyo fin es regular el agua extraída de las captaciones existentes, acomodando los bombeos, a los horarios más favorables desde el punto de vista de la tarifa eléctrica, no siempre coincidente con las puntas de demanda. Así

algunas entidades de riego y multitud de particulares han optado cada vez más por construir depósitos en los que almacenar el agua en época de baja demanda y menor precio.

Estas balsas de agua son, como se ha dicho, muy numerosas y de capacidad muy variable, no existiendo un inventario completo de todas ellas. A estas balsas de regulación del agua subterránea extraída de los acuíferos se han venido a sumar recientemente los depósitos de regulación y distribución de las aguas residuales depuradas reutilizadas posteriormente en regadío.

Este sistema de balsas se vio reforzado significativamente con el plan de modernización de regadíos, lleva-

do a cabo por la Generalitat Valenciana, con un total de 12 nuevas balsas, y una capacidad de embalse que superaba los 2,5 hm³. El inventario de balsas más completo realizado con anterioridad a los estudios de simulación de la gestión de recursos hídricos en el Alto y Medio Vinalopó (IGME-DPA, 2000-2004) es probablemente el incluido en el informe de 1993 de la Consellería de Agricultura y Pesca de la Generalitat Valenciana titulado *Plan de Obras y actuaciones de la zona desfavorecida por limitaciones específicas del Vinalopó*. Este inventario es recogido posteriormente en el estudio del M.A.P.A (1995). En conjunto y para todo el Valle se recogen datos de 213 balsas, con una capacidad total de embalse de 20,5 hm³.

Este inventario base se ha ido complementando y enriqueciendo posteriormente con trabajos de recopilación de datos de diferentes organismos y entidades (Confederación Hidrográfica del Júcar, Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Rico, Trabajos del IGME y DPA con datos de la CGUAV y de otros estudios).

Tras un análisis y contraste de la información se elaboraron las tablas 6.2 y 6.3 en las que se ha estimado la capacidad de almacenamiento de agua de las principales entidades de riego en el Alto Vinalopó y en el Medio Vinalopó.

Entidad de riego del Alto Vinalopó	Capacidad (m³)
Almizra	5.000
Borrel y Pontarró	65.000
C.R. Salinas	10.000
El Puerto	8.000
Hondo de las Nogueras	10.000
Hueta y Partidas de Villena	268.000
La Armonía	1.000
La Laguna	268.000
Levante y Cabezuelas	315.000
Pinar Alto	52.000
S. Cristóbal de Biar	150.000
S. Cristóbal de Villena	60.000
Santiago Apóstol	275.000
Sindicato Riegos de Sax	40.000
Valle de Beneixama	420.000
J.M. Los Frutales	80.000
TOTAL	2.027.000

Tabla 6.2. Estimación de la capacidad de almacenamiento de agua de las principales entidades de riego del Alto Vinalopó

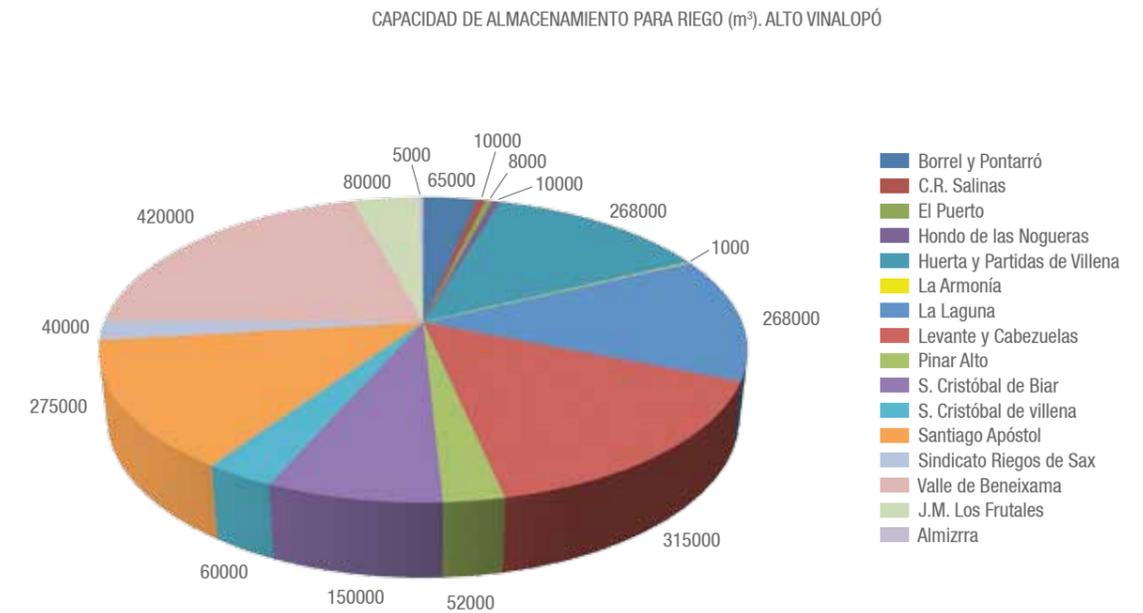


Fig. 6.2 Capacidad almacenamiento regadío Alto Vinalopó

Comunidad de Regantes del Medio Vinalopó	Capacidad (m³)
S.A.T. 3819 Virgen de las Nieves	1.966.000
S.A.T. 3508 La Romana	1.727.000
Coop. Riegos de La Romana	1.020.000
S.A.T. 3493 Monteagudo	650.000
Comunidad de aguas de Novelda	1.034.000
C.R. de Monforte del Cid	2.361.700
C.R. Virgen de la Paz	1.225.000
C.R. El Canalillo	820.000
S.A.T. Hondón de las Nieves	1.332.000
S.A.T. Hondón de los Frailes	108.000
C.R. de Pinoso. S.A.T. 3581 Aguas de Pinoso	390.000
C.R. de Pinoso. S.A.T. 3505 Santa Bárbara	200.000
S.A.T. 5914 Casas de Juan Blanco	10.000
C.R. del Hondón de Monóvar	76.000
S.A.T. 3509 Percamp	45.000
S.A.T. La Algueña	30.000
Coop. Riegos de Petrer	1.000
S.A.T. 968 de Elda	6.000
TOTAL	13.001.700

Tabla 6.3. Estimación de la capacidad de almacenamiento de agua de las principales entidades de riego del Medio Vinalopó

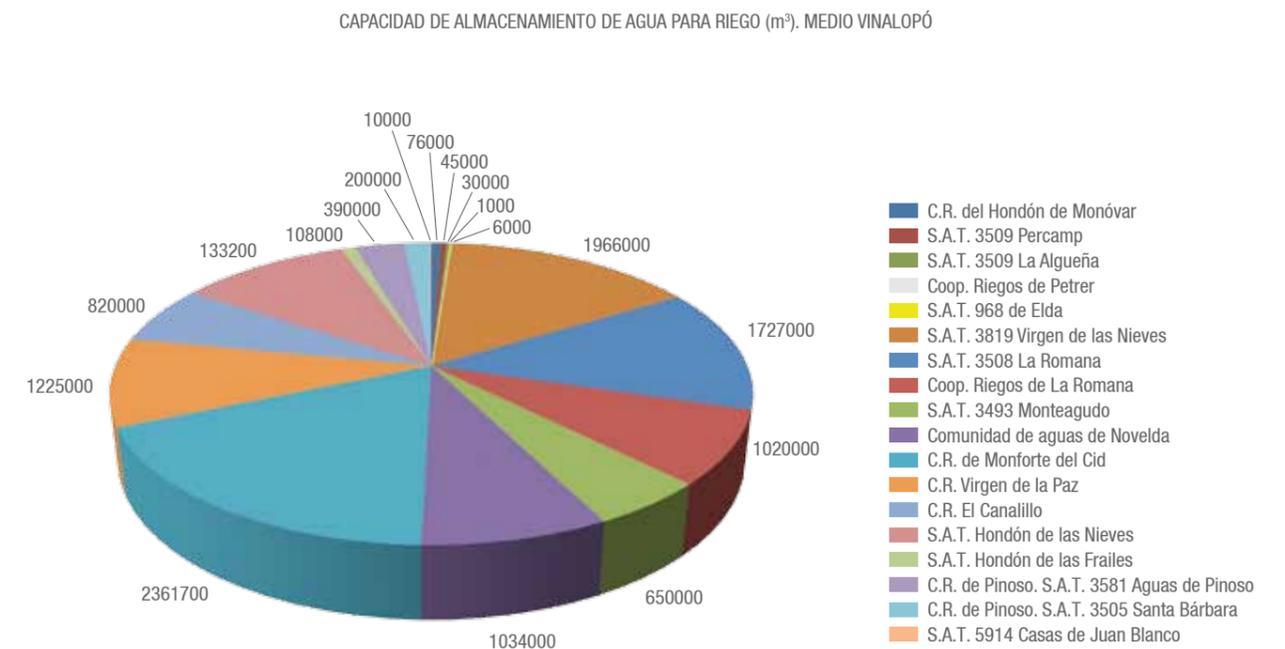


Fig. 6.3 Capacidad almacenamiento regadío Medio Vinalopó

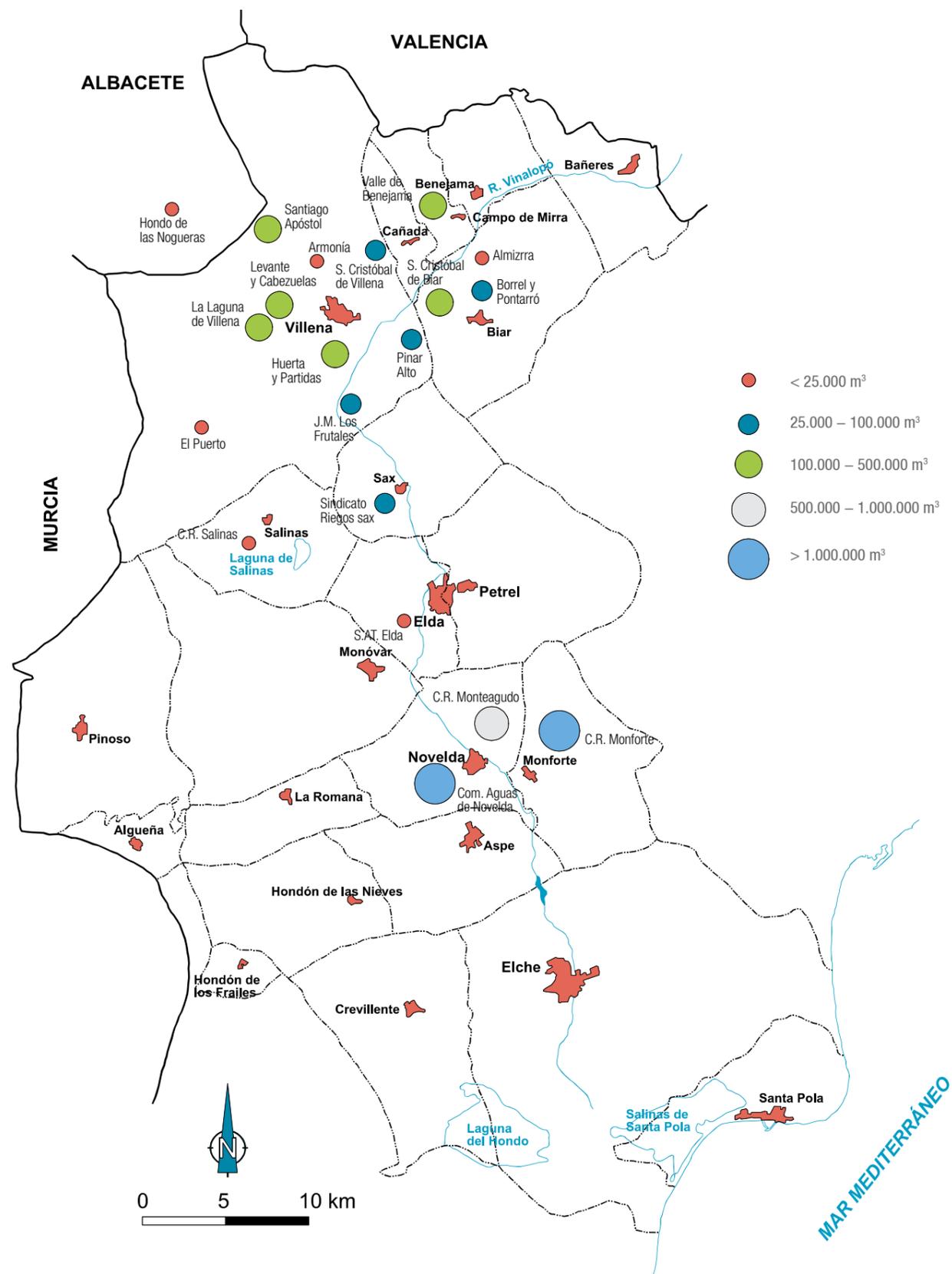


Fig. 6.4. Capacidades de almacenamiento de agua en el Alto y Medio Vinalopó

Estas cantidades globales, establecidas durante la realización de los estudios mencionados, se refieren a las entidades más importantes y pueden haber variado con posterioridad, ya que en la práctica estas capacidades varían continuamente en el tiempo.

Este conjunto de balsas de almacenamiento, básicamente de aguas subterráneas, juega un papel muy importante en el esquema de funcionamiento general del sistema de recur-

sos hídricos del Valle del Vinalopó, ya que permiten adecuar en el tiempo los bombeos de los acuíferos a una demanda variable.

Este medio de regulación es difícil de representar en un programa de simulación de la gestión global de los recursos hídricos, cuando estos son casi exclusivamente de origen subterráneo.

En la práctica el programa SIMGES aplicado para la simulación de la gestión de

los recursos hídricos en el Alto y Medio Vinalopó, sólo considera necesarios los bombeos desde los acuíferos en el mismo período en que se produce la demanda a satisfacer y en una cuantía equivalente a la misma, con lo que no entraría en juego el sistema de balsas de almacenamiento. Puesto que en la realidad, si se utilizan, es necesario modificar el modelo conceptual, introduciendo elementos ficticios de demanda distribuida en el tiempo en la misma forma que los bombeos reales.



INFRAESTRUCTURAS DE ALMACENAMIENTO SUBTERRÁNEO

Como ya se ha mencionado con anterioridad, en el Valle del Vinalopó la componente totalmente predominante en cuanto a la escorrentía se refiere, es la subterránea. Por lo tanto, los acuíferos tienen, desde el punto de vista de almacenamiento y regulación de esta escorrentía, un papel muy relevante.

Así, las unidades hidrogeológicas que se han implicado en los modelos de

gestión conjunta de recursos hídricos del Valle del Vinalopó son las siguientes (fig. 6.5):

- 08.35 Jumilla-Villena
- 08.36 Yecla-Villena-Benejama
- 08.40 Sierra Mariola
- 08.41 Peñarrubia
- 08.42 Carche-Salinas
- 08.43 Argueña-Maigmo
- 08.49 Agost-Monnegre
- 08.50 Sierra del Cid

- 08.44 Barrancones-Carrasqueta (acuífero de Tibi)
- 08.51 Quibas
- 08.52 Sierra de Crevillente

A continuación se resumen las características esenciales de estas unidades hidrogeológicas desde el punto de vista de elementos de almacenamiento y regulación de la escorrentía subterránea.

Unidad hidrogeológica Jumilla-Villena (08.35)

Se extiende de suroeste a noreste entre los afloramientos triásicos de Jumilla y de la depresión de Villena. Ocupa una superficie de 317 km² repartidos en los términos de Jumilla y Yecla (provincia de Murcia), Villena (provincia de Alicante) y en menor proporción Caudete (provincia de Albacete).

La recarga de esta unidad hidrogeológica procede íntegramente de la infiltración de las aguas pluviales, y se estima en un valor medio de 6 hm³/año, para el sector incluido en la provincia de Alicante, según el *Mapa del Agua* de la provincia (DPA, 2007). No existen descargas naturales por manantiales y la totalidad de las salidas de la unidad tiene lugar por bombeos en sondeos de explotación, que según esa misma fuente se elevaban ya a 26 hm³/año, presentado por lo tanto la unidad un déficit de 20 hm³/año.

La información hidroquímica existente revela aguas con una calidad general buena, salinidad comprendida entre 0,4 y 1,8 g/l, facies bicarbonatadas cálcicas o sódico-cálcicas a clorurada sódica, que varía según la distancia a los materiales del Triás y del grado de explotación en las distintas zonas.



Panorámica del acuífero Solana, perteneciente a la unidad hidrogeológica Yecla-Villena-Beneixama

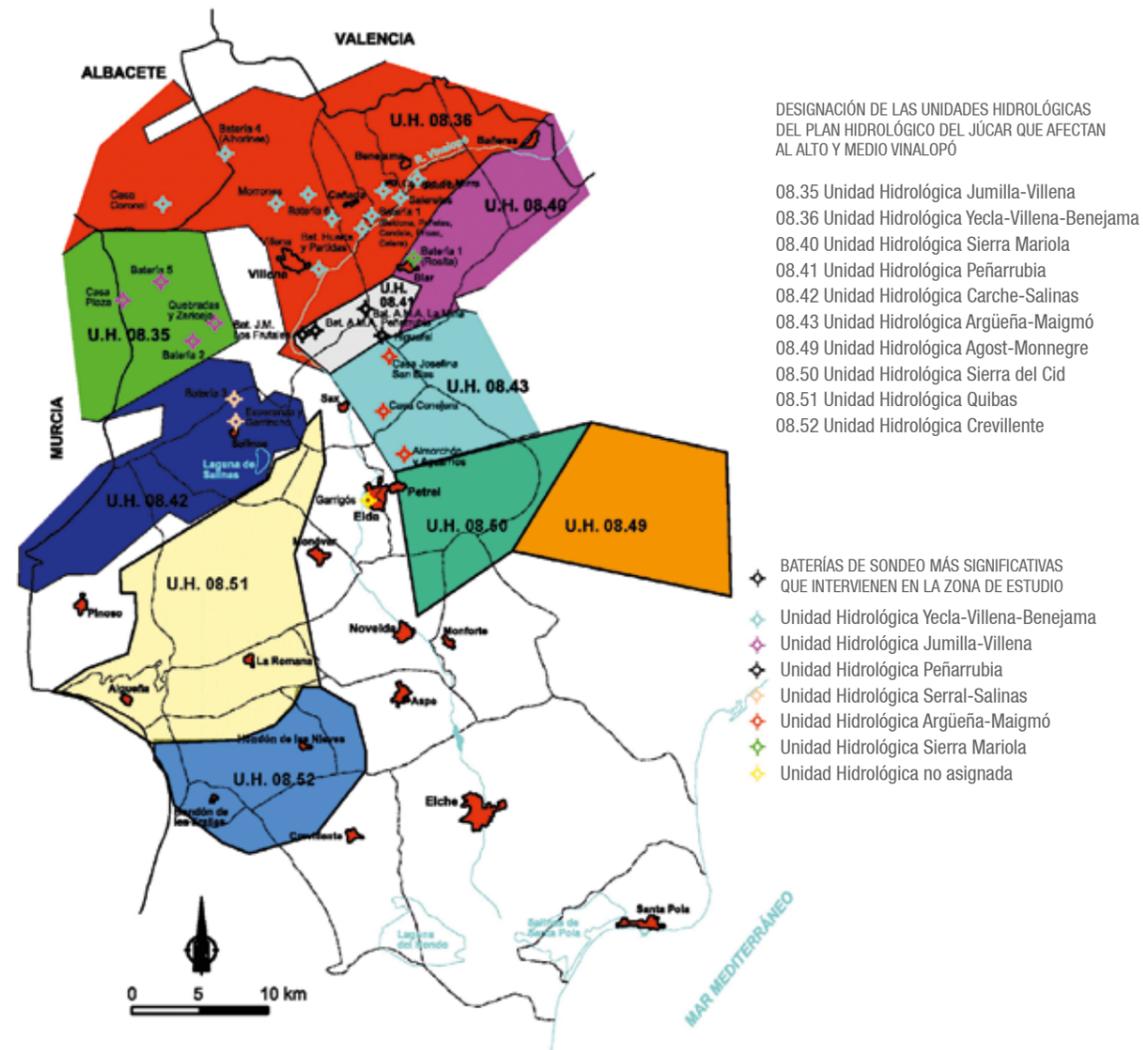


Figura 6.5 Unidades hidrogeológicas del Alto y Medio Vinalopó y zonas de extracción de aguas subterráneas más significativas

Unidad hidrogeológica Yecla-Villena-Benejama (08.36)

Esta es una de las unidades más importantes de Alicante, con una superficie de 200 km² y con unos recursos de 29 hm³/año (ITGE-DPA, 2003), y atiende el abastecimiento público de poblaciones tan importantes como Villena y Alicante. Incluye básicamente el acuífero de Solana, en la provincia de Alicante, y Sierra del Príncipe y Lacera, fuera de ésta.

Se extiende de norte a sur, entre el cabalgamiento de la Sierra de Solana sobre el sinclinal Fontaneres-Onteniente y el cabalgamiento de Sierra Mariola sobre el sinforme de Villena-Bocairente.

De oeste a este se extiende desde la falla oriental de los diapiros del Vinalopó hasta la falla oriental de Sierra Mariola y la falla inversa del Puerto de Albaida.

En general la evolución piezométrica observada desde otoño de 1993 hasta 1998 es descendente, alcanzando el agua en muchos pozos profundidades máximas con respecto a su historial evolutivo, lo que revela a todas luces una explotación de las reservas del acuífero.

De acuerdo a los datos del Mapa del Agua (DPA, 2007) su explotación actual es de 37 hm³/año, lo que frente a la recarga mencionada anteriormente de 29 hm³/año, significa un déficit de 8 hm³/año.

Las aguas son poco salinas, presentando contenido en sólidos disueltos comprendido entre 300 y 550 mg/l, de facies bicarbonatada cálcica, aptas para el consumo humano y uso agrícola. El acuífero está sometido a un régimen de explotación de reservas y descensos piezométricos que puede ocasionar un progresivo, aunque de momento, suave, aumento de la salinidad del agua.



Panorámica del acuífero Peñarrubia

Unidad hidrogeológica Sierra Mariola (08.40)

Esta unidad ocupa una superficie próxima a los 300 km² de los que afloran 240 km² aproximadamente, de materiales permeables. Orográficamente comprende toda la alineación montañosa definida por las sierras de Onil, Fontanella, Menechaor, Fontfreda, Mariola y Ondoches.

Al norte, la unidad limita con el cabalgamiento que pone en contacto la formación permeable con las margas del Tap mientras que el límite sur lo constituye el afloramiento triásico que se extiende desde Sax a Cocentaina. El límite oriental viene definido por la falla de Muro de Alcoy, mientras

que el límite occidental esta constituido por el Trías de Villena-Sax.

El flujo subterráneo tiene dirección y sentido variables, dada la compartimentación y las numerosas divisorias piezométricas existentes. La esorrentía subterránea es drenada, en último término, por los ríos Vinalopó y Serpis, o captada mediante sondeos.

La alimentación de la unidad se realiza fundamentalmente por infiltración del agua de lluvia y según el Mapa de Agua citado alcanza los 14 hm³/año. La descarga se produce por bombeos netos y aprovechamiento in situ de manantiales, drenaje por ríos, salidas por surgencias y salidas laterales al Cuaternario de Castalla. La explota-

ción se ha cuantificado en 14 hm³/año, por lo que actualmente está equilibrado el balance de esta unidad.

El agua subterránea en el acuífero de Mariola es, en general, de buena calidad, con una mineralización relativamente baja, con residuo seco generalmente comprendido entre 200 y 400 mg/l.

Unidad hidrogeológica Peñarrubia (08.41)

El acuífero de Peñarrubia (08.41) principal componente de esta unidad, se sitúa entre las poblaciones de Sax y Biar, ambas ubicadas en la comarca del Alto Vinalopó. Se extiende por

una superficie de unos 45 km², aproximadamente. Desde el punto de vista fisiográfico se encuentra surcado por la Sierra de Peñarrubia cuya altitud oscila entre valores de 1.042 msnm en Peñarrubia y 500 msnm en el sector occidental.

Los límites vienen definidos por afloramientos triásicos del Keuper –Este, Oeste y Sureste– y por fallas que ponen en contacto el acuífero principal con materiales impermeables cretácicos y terciarios –Norte y Noroeste–.

En el acuífero, el flujo subterráneo se corresponde con una dirección aproximada de NE-SO, situándose en el extremo suroccidental las mayores extracciones.

Como en casos anteriores, la recarga del acuífero procede de la infiltración de agua de lluvia y se estima en 1,6 hm³/año, mientras que la explotación por bombeos alcanza los 3,4 hm³/año. Este acuífero está incluido en el *Catálogo de acuíferos con problemas de sobreexplotación o salinización*, elaborado por la Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas (DGOHCA) en colaboración con el Instituto Tecnológico Geominero de España (ITGE), concluido en 1996.

La salinidad del agua está comprendida entre 800 y 1.980 mg/l, siendo la facies hidroquímica predominante, bicarbonatada calcico-magnésica y sulfatada mixta (DGOHC-ITGE, 1996).



Dolomías de la Sierra del Serral vistas desde la Sierra de Salinas, ambas pertenecientes a la unidad hidrogeológica Carche-Salinas

Unidad hidrogeológica Carche-Salinas (08.42)

Con una extensión de 270 km², entre las provincias de Alicante y Murcia, se desarrolla la unidad Carche-Salinas, de orientación general NE-SO. En su límite meridional se encuentra Pinoso y, en su interior Salinas, la única población existente. En su sector septentrional se desarrollan las Sierras de Carche, Pansas, Serral, Salinas y Collado, siendo su sector sur menos accidentado, en el que destacan los cerros de La Raja, Centenera y Rincón de Don Pedro.

Los límites hidrogeológicos están muy bien definidos y vienen determinados de la siguiente forma: al norte por los materiales de facies Utrillas y margas del Mioceno en un límite coincidente, en parte con un cabalgamiento; al este por el Trías diapírico de Villena-Sax; al sur por la alineación de Trías diapírico de Cañada Roja y un cambio lateral de facies que afecta al Cretácico y coincide con un cabalgamiento, y al Oeste por una barrera indeterminada bajo un potente recubrimiento del Mioceno.

Los acuíferos que componen esta unidad son el Serral-Salinas, en la provincia de Alicante, y el Carche, en Murcia.

La alimentación de esta unidad que procede íntegramente de la infiltración de aguas pluviales, se ha estima-

do en el ya citado Mapa del Agua en unos 4 hm³/año. No existen descargas localizadas por manantiales en la actualidad y las salidas se realizan exclusivamente mediante bombeos en sondeos de explotación destinadas a satisfacer demandas urbanas y agrícolas en las poblaciones de Elda, La Romana, Monóvar, Pinoso, Salinas y Yecla. Se estiman en unos 12 hm³/año en el sector implicado en la cuenca del Vinalopó.

Las aguas del acuífero Carche-Salinas son de facies bicarbonatada cálcico-magnésica, que pasan a cloruradas sódicas en áreas de fuertes explotaciones próximas a los límites triásicos.



Sierra del Cid, con el aspecto característico de silla de montar origen del topónimo.

Unidad hidrogeológica Argueña-Maigmo (08.43)

Entre las sierras de Peñarrubia, al norte, y del Cid al sur, se extienden una serie de relieves montañosos que constituyen una unidad hidrogeológica bastante bien delimitada. Estos relieves son, de norte a sur, las Sierras de la Argueña, Pinar de Umbría y de Castalla y de oeste a este, las sierras de Caballo, del Fraile y de Maigmo.

El límite septentrional, si bien poco preciso, debe venir impuesto por la falla que pone en contacto los materiales cretácicos al sur, con los margosos del Neocomiense al norte, tal y como refleja la piezometría en este límite. Al este, una barrera de Keuper de dirección NO-SE, cuyos afloramientos más importantes son los del diapiro de Castalla y de la Casa de la Foya, limitan el flujo. Por el sur, una gran falla normal pone en contacto los materiales terciarios con otros

margosos del Cretácico (Albiense y Senoniense). El límite suroriental, al sur de Sierra de Maigmo, no está bien definido y puede existir comunicación entre el Mioceno Inferior de esta sierra y el Eoceno Medio calizo de Solana de Exaú. El límite suroccidental viene delimitado por el Trías de Cabezo Rebosa, que se continúa con el de Los Molinos. Al Oeste, las margas del Mioceno Medio-Superior (Tap 2) constituyen el límite.

El conjunto de acuíferos integrados en esta unidad tiene una recarga estimada de 4,9 hm³/año y unas extracciones equivalentes por lo que presenta un balance hídrico equilibrado.

Las aguas subterráneas de la unidad presentan calidades de aceptables a excelentes, según el tipo de acuífero captado, y en todos los casos son sanitariamente potables para cualquier uso. Las aguas captadas en el acuífero cretácico, son de facies bicarbona-

tada cálcica y representan las de peor calidad relativa de la unidad.

Unidad hidrogeológica Agost-Monnegre (08.49). Acuífero Ventos-Castellar

Está situado al Sur de la Sierra de Maigmo, y comprende una superficie de 18 km². Los límites de la unidad vienen definidos como sigue: al norte por el Trías de Sarganella-Reus, que separa este acuífero de la Sierra de Maigmo; por el este y sureste, el límite lo constituye el impermeable de la base. Por el oeste el límite está peor definido, pero es muy posible que por debajo del Cuaternario de la depresión de Agost existan materiales impermeables de las facies Keuper, que constituyan un límite, como atestiguan los datos hidrogeológicos a uno y otro lado del supuesto límite.

La alimentación de la unidad procede de la infiltración directa del agua de lluvia, que supone un volumen medio de 0,11 hm³/año. La descarga se producía históricamente mediante el manantial de Agost, actualmente regulado por un sondeo para el abastecimiento público de la población de Agost, y para riego. El sentido del flujo subterráneo es de dirección aproximada N-S.

La calidad química encontrada en esta unidad es de facies clorurada-sulfatada-bicarbonatada cálcico-magnésica-sódica y de buena potabilidad, según la Reglamentación Técnico Sanitaria (R.D. 140/2003 de 7 de febrero).

Unidad hidrogeológica Sierra del Cid (08.50)

Esta unidad se extiende sobre una superficie de 130 km², con unos afloramientos de 80 km² y en sus límites se sitúan las poblaciones de Elda, Petrer,

Novelda y Agost. Los relieves montañosos existentes son los de las Sierras del Cid, Maigmo y Serreta Larga.

Los límites hidrogeológicos vienen definidos de la siguiente manera:

- Por el norte, los materiales terciarios de la unidad de Argueña-Maigmo se ponen en contacto con los margosos del Cretácico.
- Por el oeste, la unidad viene delimitada perfectamente por los afloramientos triásicos de Elda-Novelda.
- Por el sur, la banda triásica de Monforte del Cid-San Vicente de Raspeig, debe continuar más hacia el oeste, para ponerse en contacto con el Trías de Novelda.
- Por el este, el límite es impreciso en su parte meridional pero se supone la existencia del Trías Keuper bajo el Cuaternario de la Vega de Agost.

La alimentación del acuífero de Serreta Larga procede exclusivamente de la infiltración de la lluvia útil, se estima en 2,5 hm³/año. La descarga se realiza exclusivamente por bombeos en los sondeos que captan el acuífero, con un caudal equivalente a la recarga.

Si bien las aguas de esta unidad son en general de buena calidad, en las explotaciones en zonas próximas al Trías yesífero, las aguas pueden llegar a valores de salinidad muy altos.

Unidad hidrogeológica Barrancones-Carrasqueta (08.44). Acuífero de Madroñal.

El acuífero de Madroñal, ubicado en el extremo meridional de la unidad, presenta una superficie total de 22 km² y está constituido por 350 m de calizas pararecífales terciarias. Su alimentación, procedente de la infiltración pluvial, se estima en 0,3 hm³/año.

En el sector noroccidental, los sondeos que abastecen a urbanizaciones de Agost y Tibi y que captan el acuífero único, Oligoceno, presentan en general una facies bicarbonatada cálcica.

Panorámica de la Sierra de Crevillente, perteneciente a la unidad hidrogeológica del mismo nombre.



Unidad hidrogeológica Quibas (08.51)

Presenta una superficie de 317 km² que incluye los relieves de las Sierras de Quibas, Barinas, Cantón, Hoya y Morachelas al sur; Coto y Reclot al norte, y Pedrizas y Umbría al este y noroeste.

El límite norte de la unidad viene dado por el contacto con el Cretácico superior margoso impermeable. Al sur y suroeste, el Eoceno Inferior y el Trías producen cierres análogos. El borde sureste se pone en evidencia por saltos de más de 100 m en la superficie piezométrica. Al este es el Trías diapírico de Villena-Novelda el que constituye barrera impermeable. Finalmente por el oeste se produce un levantamiento del eje sinclínico de la estructura y el

cretácico impermeable hace de barrera favorecida por la morfología del vecino diapiro de Pinoso.

La alimentación procede exclusivamente de la infiltración de las aguas pluviales, lo cual supone para el año medio un volumen de entradas de 4,34 hm³/año. Las descargas tienen lugar de forma natural por el Manantial del Chicamo, con 1 hm³/año (caudal medio de 30 l/s), y sobre todo mediante bombeos, con un total de salidas de 9 hm³/año.

Las aguas de esta unidad son en general del tipo cloruradas-sódicas y con salinidad elevada, como consecuencia de su relación con los diapiros.

Unidad hidrogeológica Sierra de Crevillente (08.52)

Esta unidad presenta una superficie de unos 100 km² y está constituida por los relieves de las Sierras de Argallet, Cava, Rollo, Ofra, Orc, Frailes y Crevillente. En su interior se localizan las poblaciones de Hondón de las Nieves, Hondón de los Frailes, La Canalosa, Barbarroja y Cantón. Fue declarado provisionalmente sobreexplotado en 1987.

Los límites de esta unidad son los siguientes: por el norte entra en contacto mecánico con las margas y margocalizas del Prebético a través de una gran falla, en gran parte inyectada de Trías; al sur y sureste el límite viene dado por el propio Trías de Crevillente; también el Trías marca los límites este y oeste de la unidad; finalmente, el límite suroeste viene dado por una falla cubierta por el Cuaternario e inyectada por el Trías.

La recarga del sistema procede en parte de la infiltración de aguas de lluvia y aportes laterales sumando en total 3 hm³/año. Las salidas tienen lugar exclusivamente mediante bombeos en los sondeos de explotación, estimándose en unos 10 hm³/año, con lo cual existe una sobreexplotación equivalente a 7 hm³/año.

Las aguas subterráneas de la unidad hidrogeológica de Crevillente son de facies clorurada sódica. Originalmente debió primar una facies bicarbonatada cálcica o cálcico-magnésica, que luego pasaría de forma progresiva a clorurada sódica, debido a la influencia de las sales triásicas, que constituyen el impermeable de base del acuífero, y como consecuencia del acusado descenso de los niveles piezométricos, producidos por la sobreexplotación.

7

DEMANDAS
Y CONSUMOS

Para facilitar el tratamiento de esta información, las demandas y/o consumos satisfechos en el sistema hídrico del Río Vinalopó se han agrupado en elementos de demandas del Alto Vinalopó y del Medio Vinalopó. Las demandas en el Bajo Vinalopó y L'Alacantí que se satisfacen con aguas del Alto Vinalopó se integran en este grupo.

Por otra parte, en ambos casos, Alto y Medio Vinalopó, las demandas se han agrupado en dos grandes capítulos: agrícola y urbana. En ambos casos y para las dos comarcas su análisis y determinación es muy difícil, debido fundamentalmente a la complejidad, a la variedad y a la cantidad de entidades a satisfacer.

LA DEMANDA DE RECURSOS HÍDRICOS EN EL ALTO VINALOPÓ

Existe una relativa concentración de usuarios en asociaciones y comunidades de interés común, obligada por la Ley de Aguas actual. Estas agrupaciones o asociaciones existían ya desde el inicio de la explotación de los acuíferos del Alto Vinalopó y a partir de 1985 se han ido convirtiendo en comunidades de usuarios para a partir de diciembre de 1996 integrarse en la CGUAV. Este conjunto de asociaciones y agrupaciones de usuarios no es una figura estática, sino que evoluciona en el tiempo de forma que se desagregan entidades para agruparse en otras diferentes. La CGUAV agrupa a las más importantes, de manera que en la simulación de la gestión de recursos

hídricos del Alto Vinalopó, solo se han tenido en cuenta las entidades pertenecientes a la CGUAV, siendo esta entidad la fuente de información más importante.

Demanda agrícola

Con independencia de la complejidad debida a la fragmentación de las entidades de demanda y a la heterogeneidad de los datos, la estimación de la demanda plantea incertidumbre ligadas al origen de los datos necesarios para calcularla. El valor de este parámetro es función del tipo de cultivo que se quiere regar y de las condi-

ciones meteorológicas de la zona en la que se quiere llevar a cabo el cálculo. Simplificadamente, la demanda de agua de un cultivo determinado en un momento concreto es función del déficit de agua existente en el suelo en ese momento, y es la diferencia entre Evapotranspiración potencial y Evapotranspiración real.

En los estudios llevados a cabo por IGME y DPA en el Valle del Vinalopó se ha empleado generalmente el método de Thornthwaite para estimación de la ETP y de la ETR. Con los

datos de la estación meteorológica de Villena-La Vereda, ha sido posible obtener un déficit anual del suelo del orden de 440 mm ó l/m² al año, según se determina en la tabla 7.1.

	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	TOTAL (mm)
Precip.	39,5	30,9	26,8	21,6	22,9	29,8	31,3	39,4	39,0	7,2	17,1	34,9	340,4
ETP (Thorn.)	56,9	28,4	17,1	15,8	20,2	33,8	47,4	77,9	110,6	142,2	133,8	94,9	779,0
ETR	39,5	28,4	17,1	15,8	20,2	33,8	47,4	40,0	39,0	7,2	17,1	34,9	340,4
Agua en el Suelo	0	2,5	12,2	18,0	20,7	16,7	0,6	0	0	0	0	0	
Excedente	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Déficit	17,4	0	0	0	0	0	0	37,9	71,6	135,0	116,7	60,0	438,6

Tabla 7.1. Balance de agua en el suelo para valores medios de precipitación y evapotranspiración potencial en la estación meteorológica de Villena-La Vereda

De acuerdo con los datos recopilados en los estudios de simulación de la Gestión de Recursos Hídricos en el Alto Vinalopó, a partir de la información existente en la CGUAV (ITGE y DPA, 2006) la máxima superficie regable alcanza 10.788 ha. En la tabla 7.2 se presenta su distribución por entidades de riego. Asimismo, considerando los datos existentes en otros trabajos, la superficie de riego mínima alcanzaría las 5.200 ha. Con estos datos de superficie y el déficit hídrico estimado se deduce una demanda total para riego de 47,52 hm³/año en el caso de la superficie máxima y de 22,88 hm³/año en el caso de la superficie mínima.

En el estudio de simulación de la gestión de recursos hídricos del Alto Vinalopó, se ha incluido la demanda de entidades de riego del Medio Vinalopó que están integrados en la CGUAV, y utilizan agua procedente de las unidades hidrogeológicas de esta comarca. Estas entidades son los regantes de Monforte del Cid, Elda, Aguas de Novelda y la S.A.T. de Monteagudo de Novelda. En la tabla 7.3 se presenta la superficie máxima y mínima de estas entidades contempladas en el estudio, que en el modelo de simulación se tratan como una única demanda, estimada con el mismo modelo conceptual utilizado para el Alto Vinalopó.

Entidad de Riego	Máxima Superficie ITGE y DPA (2000) (ha)	Mínima Superficie (ha)
Almizrra	75	48
Armonía	77	53
Boquera y Carboneras*	300	300
Borrel y Pantarró	100	50
El Puerto	500	372
Hondo de las Nogueras	120	120
Huerta y Partidas de Villena	800	400
La Baldona	240	40
Laguna de Villena *	682	341
Levante y Cabezuellas*	1.053	739
Pinar Alto	600	218
Pinar Bajo	160	20
S. Cristóbal Biar	600	360
S. Cristóbal Villena	639	460
Salinas	1.100	90
Santiago Aspóstol*	600	593
Sindicato de Sax	2.092	250
Valle de Benexama	1.050	745
TOTAL	10.788	5.199

* Integradas durante la realización del estudio en una única entidad denominada "Comunidad de Regantes de Villena"

Tabla 7.2. Superficies de riego de las entidades del Alto Vinalopó, considerando los valores máximos y mínimos que aparecen en diferentes estudios

Entidad de Riego	Máxima Superficie MAPA (1995) (ha)	Mínima Superficie (ha)
Aguas de Novelda	2.055	1.650
Monforte del Cid	3.200	2.695
Monteagudo	594	594
Elda	200	90
TOTAL	6.049	5.029

Tabla 7.3. Superficies de riego de las entidades del Medio Vinalopó vinculadas en su suministro con fuentes de entidades propias del Alto Vinalopó, considerando los valores máximos y mínimos que aparecen en diferentes estudios

Demanda urbana

La misma complejidad e indeterminación expuesta en el apartado anterior para la estimación de la demanda agrícola, es aplicable en el caso de estimaciones de la demanda urbana. Un gran número de localidades del Medio, Bajo Vinalopó y de L'Alacantí se abastecen total o parcialmente con agua procedente de los acuíferos o unidades hidrogeológicas situados en el Alto Vinalopó.

Pero además, las entidades o sociedades que abastecen a dichos municipios, satisfacen también demandas agrícolas, industriales o de urbanizaciones, lo que complica la asignación de consumos a cada localidad. Por otra parte, estos núcleos de población pueden tener varias fuentes diferentes de suministros, que varían en el tiempo en función de la disposición de recursos y del precio del agua.

Las dotaciones asignadas a los abastecimientos se basan, en principio, en la normativa del Plan Hidrológico de la Cuenca del Júcar, tabla 7.4. Sin embargo en la práctica, al variar las fuentes de suministro, las dotaciones reales no coinciden con la asignada en dicha norma legal.

Población Actividades*	<10.000 hab		10.000-50.000 hab		50.000-250.000 hab		>250.000 hab	
	1 ^{er} horizonte	2 ^o horizonte						
ALTA	270	280	300	310	350	360	410	410
MEDIA	240	250	270	280	310	330	370	380
BAJA	210	220	240	250	280	300	330	350

Tabla 7.4. Dotación máxima para la estimación del abastecimiento de la población permanente a utilizar según la Normativa del Plan Hidrológico de la Cuenca del Júcar, que es la que figura en el anexo 1 de la Orden Ministerial de 24 de septiembre de 1992.

* Las actividades se refieren a usos industriales, comerciales y ganaderos adicionales a los de abastecimiento, y respecto a ellas se distingue atendiendo al grado de actividad alta, media o baja.

Tomando los consumos máximos del período 1998-1999 para los municipios del Alto Vinalopó y la población existente en ese período se obtienen las dotaciones reflejadas en la columna correspondiente de la tabla 7.5 que muestra una gran disparidad respecto a los datos teóricos de la tabla 7.4.

La demanda urbana total propia del Alto Vinalopó está estimada en unos 5 hm³/año. A este valor hay que sumar la de otros cuatro municipios externos, abastecidos a través de la CGUAV, o con recursos propios: Fontanares, Caudete, Elda y Monóvar. Este conjunto presenta un global estimado entre 6,2 – 6,3 hm³/año, siendo Elda con una demanda de 4,2-5 hm³/año el principal componente.

Municipio	Habitantes	Consumo 1998-99 (m ³ /año)	Dotación resultante (l/hab.día)
Banyeres de Mariola	7.120	701.650	270
Beneixama	1.814	251.242	379
Biar	3.573	429.127	329
Campo de Mirra	388	52.093	367
Cañada	1.580	102.250	177
Salinas	1.119	261.381	639
Sax	8.605	627.405	199
Villena	32.687	2.603.363	218
TOTAL	56.886	5.028.511	242 (media global)

Tabla 7.5. Consumo municipios del Alto Vinalopó en el período 1998-1999

Otros elementos de demanda

Existen algunas entidades muy relevantes, que son en cierto modo independientes de los usuarios del Alto Vinalopó y que sin embargo bombean importantes cantidades de agua de los acuíferos de esta comarca y la exportan a comarcas vecinas del Medio y Bajo Vinalopó y de L'Alacantí. Estas entidades, que en el estudio de simulación de la gestión de recursos hídricos han sido consideradas como externas, con una demanda anual constante, son: Aguas Municipalizadas de Alicante (AMA), Sociedad del Canal de la Huerta de Alicante, S.A. (SCHA) y Ayuntamiento de Elche. Las tres están estrechamente relacionadas con la explotación de los acuíferos del Alto Vinalopó. Las dos primeras son, por otra parte, consideradas como entidades destinatarias de aguas procedentes del futuro trasvase de aguas del Júcar al Vinalopó, por lo que la presión extractiva sobre los citados acuíferos se verá sensiblemente disminuida. A continuación se analizan más detenidamente estas tres entidades.

Aguas Municipalizadas de Alicante (AMA)

Esta es la entidad más significativa de las tres mencionadas, suponiendo la mayor salida unitaria de aguas del Alto Vinalopó hacia comarcas de la costa alicantina. Obtiene una parte muy importante de los recursos hídricos que gestiona a partir de bombeos de aguas subterráneas de las unidades 08.36 (Yecla-Villena-Beneixama), 08.41 (Peñarrubia) y 08.43 (Arguñña-Maigmo), tanto de captaciones propias como de captaciones pertenecientes a otras entidades del Alto Vinalopó, a las que compra habitualmente cantidades significativas de agua durante largos períodos de tiempo, como son la Comunidad de Regantes de Huerta y Partidas de Villena, Comunidad de Regantes de La Laguna de Villena o Comunidad de Regan-

tes del Valle de Beneixama, según la información suministrada por Rico (1994), M.A.P.A. (1995) y otros usuarios de la comarca. El destino principal del agua gestionada por esta entidad (AMA) es el abastecimiento urbano en municipios de L'Alacantí, pero en su recorrido hasta esta comarca, abastece también a centros de consumo del Alto Vinalopó (Colonia de Santa Eulalia) y Medio Vinalopó (Petrer y Agost).

Entre los años 1998 y 2000 las cantidades extraídas para AMA de los acuíferos del Alto Vinalopó han sido desde los 19,1 hm³/año en 1998 a los 17,6 hm³/año en 2000. La distribución mensual estimada es del 10% en cada uno de los meses de junio a septiembre, el 8,33% en los meses de marzo a mayo y en octubre y finalmente el 6,67% en los meses restantes de noviembre a febrero, ambos inclusive.

El 85% del volumen de agua extraída corresponde al acuífero de Solana, mientras que del acuífero Peñarrubia se extrae el 12% y el restante 3% de otros acuíferos. Aunque con escasa información, AMA utiliza agua extraída de otros acuíferos a través de la Comunidad de Regantes de La Laguna de Villena, bombeada de los pozos de la Casa Coronel (Caudete). Esta cantidad ha sido estimada en el estudio de simulación de la gestión de recursos hídricos en unos 3 hm³/año.

Globalmente se ha considerado que Aguas Municipalizadas de Alicante significa en el conjunto de la comarca del Alto Vinalopó una demanda de 23 hm³/año.

Sociedad del Canal de la Huerta de Alicante, S.A. (SCHA)

Es la segunda entidad considerada en el capítulo de otros elementos de la demanda. Se trata de una sociedad con muy antigua implantación

en el Valle del Vinalopó, y con una importante extracción de recursos de la comarca del Alto Vinalopó. Fundada en 1908, con la adquisición de un conjunto de pozos a la compañía que comercializaba entonces el agua y la puesta en funcionamiento de una canalización de agua entre dichos pozos y el área de Alicante. La actividad extractiva de esta sociedad (SCHA), se ha centrado casi exclusivamente en una zona del extremo oriental de la unidad Jumilla-Villena, en el término municipal de Villena. Los volúmenes anuales extraídos oscilan entre los 13 y los 14,5 hm³/año, con una explotación mensual relativamente constante entre 1 y 1,2 hm³/mes, salvo algunos meses de invierno en que puede descender a los 0,8 hm³/mes.

Esta Sociedad gestiona agua tanto para entidades de riego como para abastecimientos de núcleos urbanos distribuidos a lo largo del recorrido de su canalización desde el Alto Vinalopó, pasando por el Medio y Bajo Vinalopó hasta la comarca de L'Alacantí. Entre los núcleos urbanos parcialmente abastecidos cabe citar Elda, Petrer y Novelda en el Medio Vinalopó y Agost, Muchamiel y El Campello en L'Alacantí. Las demandas satisfechas por esta sociedad en el Alto Vinalopó representan algo menos del 2% del total gestionado por la misma, que se ha supuesto en los estudios de gestión del orden de los 14,5 hm³/año.

Ayuntamiento de Elche

El tercero de los componentes considerados en la demanda externa de agua del Alto Vinalopó es el Ayuntamiento de Elche. Esta localidad, con una población cercana a los 200.000 habitantes, presenta una demanda global estimada en 16 hm³/año. Este volumen de agua está cubierto en su mayor parte (85-90%) con aguas superficiales procedentes de la Mancomunidad de Canales del Taibilla.

Esta cantidad se complementa con agua procedente del Alto Vinalopó –se estima que entre 1,3 y 2,8 hm³/año, según datos existentes en el período 1995-2000 (Ayuntamiento de Elche)–, en su mayor parte mediante compras de agua del Ayuntamiento a la Sociedad J.M. Los Frutales. El origen del agua no es totalmente conocido, ya que aunque dicha Sociedad posee sondeos en el sector occidental de las Unidades Hidrogeológicas de Peñarubia, según Rico (1994) la Comunidad de Regantes de Huerta y Partidas de Villena, vende agua procedente del acuífero de Solana, a la citada empresa, con destino final al abastecimiento de Elche.

La tendencia contrastada en los últimos años es a un descenso en la cantidad de agua importada desde el Alto Vinalopó, con una mayor aportación de los Canales del Taibilla. En el estudio de simulación de la gestión de recursos hídricos del Alto Vinalopó, este elemento de demanda se ha considerado igual a los valores máximos mensuales suministrados (350.000 m³/mes) en el período con información disponible, con lo que se cubre la posibilidad de fallos en el suministro de aguas superficiales en período de sequía –no contemplados en el período de 1995 a 2000 analizado–. Con ello se considera una demanda global del orden de 3,5 hm³/año.

LA DEMANDA DE RECURSOS HÍDRICOS EN EL MEDIO VINALOPÓ

En la realización del estudio de simulación de la gestión de recursos hídricos en el Medio Vinalopó, se han considerado los elementos de demanda más significativos de la comarca. Tras un análisis exhaustivo de la compleja y variada documentación existente, se procedió a la realización de encuestas con responsables de Comunidades de Regantes así como con los gestores responsables de los abastecimientos urbanos. En cuanto a demanda agrícola, se tuvieron en cuenta las 20 entidades de riego más importantes, evaluando sus consumos de agua y grado de reutilización de aguas residuales.

Para el estudio de la demanda urbana se ha considerado un total de doce municipios, beneficiarios en mayor o menor medida del futuro trasvase de aguas del Júcar. Los datos de abastecimiento han sido facilitados en su mayor

parte por las empresas responsables de la gestión del abastecimiento o por los propios responsables municipales.

Demanda agrícola

Por necesidades del modelo de simulación, la demanda agrícola se ha caracterizado en los estudios llevados a cabo, mediante datos de consumo medio mensual, utilizando para ello datos suministrados por las diferentes entidades de riego así como datos procedentes de la información de la CGUMVA. Todas las entidades de riego consideradas se han agrupado en 10 centros de demanda por consideración de proximidad geográfica y origen del agua utilizada. Estas son las siguientes:

• Riegos de Pinoso: SATs Aguas de Pinoso y Santa Bárbara de Ubeda

- Riegos de Monóvar: SATs Alciri, Casas de Juan Blanco y Percamp.
- Riegos de La Algueña: CR de La Algueña
- Riegos de La Romana: SAT La Romana, Coop. La Romana, CR Hondón de Monóvar y CR Chinorlet
- Riegos de los Hondones: SATs Hondón de las Nieves y Hondón de los Frailes
- Riegos de Aspe: SAT Virgen de las Nieves y CR Zona Baja de la Huerta Mayor
- Riegos de Novelda-Elda: CR Aguas de Novelda, SAT Monteagudo y SAT Elda.
- Riegos de Petrer: Coop. Regantes de Petrer
- Riegos de Monforte: CR Monforte del Cid
- Riegos de Agost: CR Virgen de la Paz y Canalillo



En la tabla 7.6 se resume, para cada uno de los centros (incluidas todas las entidades), la superficie total regada y el consumo medio anual, para el período en que se disponía de datos durante la realización del estudio de simulación de la gestión antes mencionada (generalmente incluidos en el período 1995-2001).

Centro de demanda	Superficie regada (ha)	Consumo medio anual (hm ³)
Riegos de Pinoso	4.955	8,48
Riegos de Monóvar	1.108	1,14
Riegos de La Romana	3.000	8,34
Riegos de Los Hondones	1.700	2,98
Riegos de La Algueña	40	No disponible
Riegos de Aspe	2.395	4,42
Riegos de Novelda-Elda	2.279	9,45
Riegos de Petrer	500	0,20
Riegos de Monforte del Cid	2.800	10,19
Riegos de Agost	1.561	4,38

Tabla 7.6. Centros de demanda agrícola en el Medio Vinalopó. Superficie regada y consumo medio anual registrado.

En resumen, de las casi 30.000 ha de superficie regable que agrupan estos centros de demanda agrícola, estaban realmente en regadío del orden de 20.000 ha, con un consumo medio anual en el período considerado de 49,58 hm³, según los datos de las propias entidades de riego, que contrasta con la demanda media estimada por la CGUMVA que para todos ellos se eleva a 68,14 hm³.

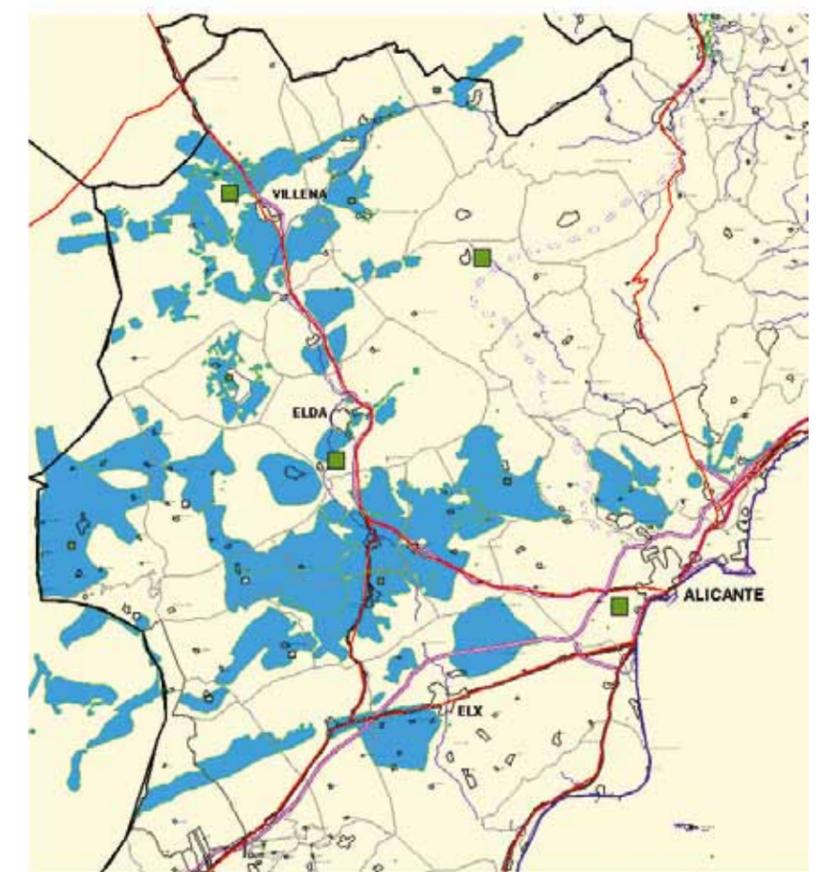


Fig. 7.1. Principales zonas de riego en el Vinalopó y E.D.A.R. incluidas en la simulación

Demanda urbana

El estudio de la demanda urbana en el Medio Vinalopó se ha centrado en el análisis de los datos de consumo de aguas subterráneas correspondiente a los once municipios situados en esta comarca y la inclusión del municipio de Agost por su vecindad y relación con este sistema hídrico, ya que habitualmente se abastece en una parte importante a partir de recursos del Alto y Medio Vinalopó suministrados por Aguas Municipalizadas de Alicante y Sociedad del Canal de La Huerta de Alicante. Así los centros de demanda urbana considerados son:

- Pinoso
- Monóvar
- Elda
- Petrer
- Algueña
- La Romana
- Novelda
- Monforte
- Hondón de los Frailes
- Hondón de las Nieves
- Aspe
- Agost

El conjunto de los doce municipios sumaban en 2001 una población de derecho total de 155.638 habitantes (INE, 2002). Se superan los 10.000 habitantes en cinco de ellos: Elda, Petrer, Novelda, Aspe y Monóvar, destacando con la mayor población el municipio de Elda con 51.816 vecinos. En el extremo opuesto no superan los 2.000 habitantes los municipios de Hondón de los Frailes, Hondón de las Nieves y La Algueña.

La evolución de la población en los últimos 10 años (1992-2001) muestra un crecimiento progresivo con un incremento del 3,65% en el período citado, pasando de 150.155 habitantes en 1992 hasta los 155.638 mencionados.

Para el cálculo de las demandas teóricas de agua se ha considerado la población correspondiente a 2001 y las dotaciones teóricas establecidas en el Plan Hidrológico de la cuenca del Júcar para el primer horizonte del Plan según población y grado de actividad industrial, comercial o ganadera. En el caso de los municipios con menos de 10.000 habitantes se ha conside-

rado un grado de actividad industrial o comercial medio, y les corresponde una dotación teórica máxima de 240 l/hab.día. Por el contrario para los municipios con más de 10.000 habitantes se ha considerado un grado de actividad alto, correspondiéndoles unas dotaciones teóricas de 300 l/hab.día, si tienen menos de 50.000 habitantes, y 350 l/hab.día en el caso de Elda de más de 50.000 habitantes.

En la tabla 7.7 se presentan los datos de demanda teórica, consumo registrado y volumen suministrado para los 12 municipios considerados.

Municipio	Población 2001	Dotación teórica (l/hab.día)	Demanda Urbana (m³/año)	Consumo registrado (m³/año)	Volumen suministrado (m³/año)
Pinoso	6.273	240	549.515	425.985	425.985
Monóvar	11.916	300	1.304.802	765.594	1.368.856
Elda	51.816	350	6.619.494	2.817.575	4.654.067
Petrer	29.567	300	3.237.587	1.968.045	2.556.484
Algueña	1.454	240	127.370	124.928	198.415
La Romana	2.009	240	175.988	87.166	145.206
Novelda	24.111	300	2.640.155	1.973.500	1.973.500
Monforte	5.389	240	472.076	604.253	703.181
Hondón de los Frailes	586 Estacional: 3.500	240	51.334 Estacional: 306.600	427.500	475.000
Hondón de las Nieves	1.679	240	147.080	79.926	99.907
Aspe	16.692	300	1.827.774	869.613	1.087.016
Agost	4.146	240	363.190	818.503	818.503
TOTALES	155.638		17.516.365	10.962.588	14.506.120

Tabla 7.7. Demanda urbana teórica, consumo y volumen suministrado en el Medio Vinalopó: Año 2001.

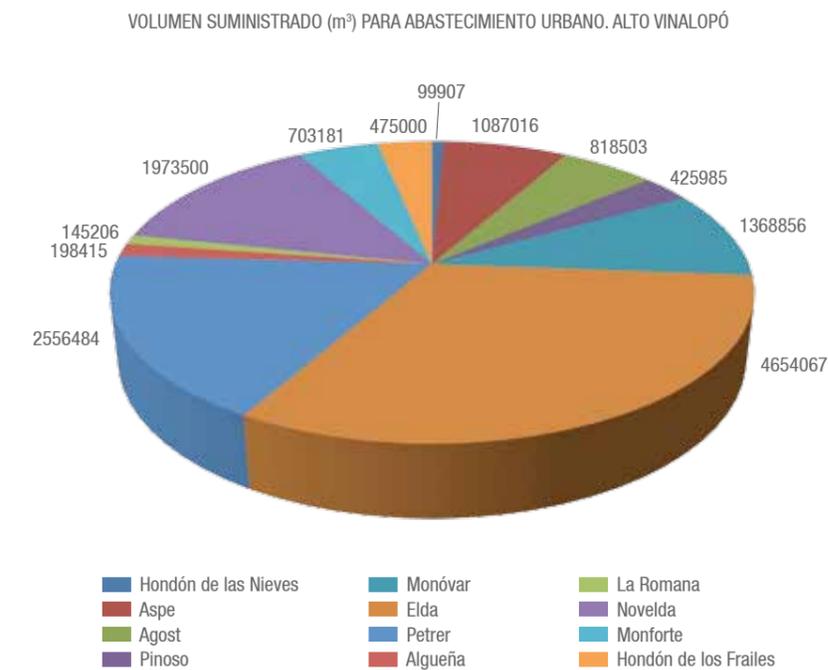


Fig. 7.2. Volumen suministrado para abastecimiento urbano en el Medio Vinalopó.

Mientras que la demanda teórica calculada se eleva en total a 17,5 hm³/año, el consumo registrado equivalente al agua facturada supone un total de 10,96 hm³/año, frente a los 14,5 hm³/año suministrados, lo que revela un 24% de agua no controlada (sobre el volumen suministrado) en los que se incluyen las pérdidas en la red. Se debe destacar que la demanda de Elda y Petrer suponen el 56% de la demanda teórica total, mientras que el consumo real (agua facturada) supone el 43% del total y el volumen suministrado alcanza el 49,7% del total.

Algunos municipios, como Monforte, presentan un consumo sensiblemente superior a la demanda teórica, probablemente por no haber considerado la elevada demanda industrial (mármoles) abastecida directamente de la red municipal.

8

UTILIZACIÓN CONJUNTA DE RECURSOS HÍDRICOS EN LA CUENCA DEL RÍO VINALOPÓ. MODELO DE USO CONJUNTO

Como ya se ha mencionado y puesto suficientemente de relieve en capítulos anteriores, el Sistema de Explotación de Recursos Hídricos del Río Vinalopó, constituye un complejo entramado de elementos cuya finalidad es garantizar al máximo posible la satisfacción de las demandas existentes en el Valle y en otras comarcas próximas.

La gestión y toma de decisiones de este entramado tan complejo sólo es posible mediante un esquema de utilización conjunta o uso conjunto, con el cual se puede lograr un aprovechamiento óptimo de los recursos hídri-

cos disponibles, lo que significa una mayor garantía de satisfacción de las demandas incluidas en el esquema.

La materialización de un esquema de uso conjunto tan complejo como el indicado sólo es posible, si en su análisis y resolución se emplean técnicas de modelación numérica. Así se ha llevado a cabo en el Sistema de Explotación de la cuenca del Río Vinalopó, dividido en dos subsistemas: Alto Vinalopó y Medio Vinalopó, en los que se ha realizado mediante la aplicación de un modelo de uso conjunto, la simulación de la gestión de recursos hídricos.



MODELO DE USO CONJUNTO O DE GESTIÓN INTEGRADA DE LOS RECURSOS HÍDRICOS

Considerando los objetivos del uso conjunto en el Valle del Vinalopó, así como el encuadre hidrológico del área estudiada, la metodología aplicada para el análisis de la gestión integral de recursos hídricos contempló el importante papel que juegan los recursos subterráneos en dichos objetivos. Este papel se ve actualmente amenazado por los problemas de sobreexplotación que sufren los acuíferos de la comarca, y cuya incidencia se pretende mitigar con la futura transferencia de recursos desde el Júcar.

Para la aplicación del modelo de uso y gestión conjunta ha sido preciso definir los siguientes aspectos:

- Las características hidrológicas de la cuenca –régimen de las aportaciones–.
- Las demandas de agua y orden de prioridad en la satisfacción de las mismas.
- Las infraestructuras hidráulicas de regulación y conducciones existentes.
- Las posibilidades adicionales de infraestructuras de regulación, contempladas en el Plan Hidrológico de la Cuenca del Júcar o de nueva consideración.
- Las normativas sobre gestión del agua.

El desarrollo metodológico aplicado se ha fundamentado en la realización de una serie de actividades que pueden agruparse en dos etapas:

En la primera, se ha realizado un esquema topológico del sistema hídrico de la cuenca. En este esquema se han incluido los siguientes aspectos:

- Situación de acuíferos y embalses.
- Puntos de toma para satisfacción de demandas.
- Características de las conducciones.
- Nudos representativos de confluencias, derivaciones y retorno significativos.
- Puntos de control a considerar en los cauces –aportaciones de cabecera e intermedias–.
- Situación espacial de la demanda y caracteres diferenciadores: la garantía de servicio requerida, las preferencias de utilización, orden de prioridad en su satisfacción, etc.
- Caracterización de los enlaces y vínculos entre los elementos descritos.

En la segunda se ha realizado una definición conceptual de los elementos del esquema para su inclusión en el modelo de simulación.

El paso de tiempo considerado de la simulación ha sido el mes, impuesto por las especificaciones del software utilizado (SIMGES). Para la realización del modelo de simulación y optimización de la gestión conjunta de recursos hídricos superficiales y subterráneos se ha utilizado la herramienta informática denominada AQUATOOL. Este software permite un pre y post-procesamiento de la aplicación SIMGES, que

responde al esquema de un modelo general para la simulación de cuencas hidrográficas o de sistema de recursos hídricos complejos, presentando notables ventajas sobre otras aplicaciones en razón de la versatilidad para la simulación de las relaciones río-acuífero, la consideración de embalses superficiales y subterráneos y otra serie de elementos que intervienen en la gestión hídrica, tales como aportaciones, demandas (consuntivas y no consuntivas, así como consumos y retornos), caudales ecológicos, conducciones (canalizaciones y cauces de diferente forma de funcionamiento –gravedad, diferencia de potencial, etc–), bombeos adicionales y dispositivos de recarga artificial.

La simulación se efectúa calculando mensualmente el flujo en los subsistemas superficiales mediante la aplicación de la ecuación de conservación del balance, mientras que para los subsistemas subterráneos el flujo es simulado mediante modelos específicos.

El paquete AQUATOOL presenta características que lo hacen adecuado para la simulación y optimización de la gestión integral de recursos hídricos. Entre otros se pueden citar los siguientes:

- Permite la optimización de las diferentes alternativas de gestión integral ofreciendo resultados, en forma de garantía en la satisfacción de las demandas, que permitan valorar cuál de las alternativas resulta la más satisfactoria.
- Permite la gestión de sistemas complejos que incluyen elementos de regulación o almacenamiento superficiales y subterráneos, de captación, de transporte, de utilización y/o consumo y de dispositivos de recarga artificial.
- Permite priorizar la satisfacción de diferentes demandas.
- Permite establecer reglas de operación en sistemas de regulación superficial.
- Permite determinar las capacidades de embalse, de conducciones y de instalaciones de bombeo para unos determinados niveles de demanda y garantía fijadas.
- Permite la actualización de las series de datos del sistema, así como el análisis de series sintéticas.

- Permite la integración de los acuíferos en el sistema de gestión mediante la simulación del funcionamiento de los mismos bajo diferentes alternativas de modelización, que van desde los sistemas más simples hasta los más complejos.

- Permite la simulación de las conexiones río-acuífero con la simplificación exigible a modelos de gestión integral.

Asimismo, el modelo SIMGES permite simular diferentes esquemas de utilización conjunta de recursos hídricos, que pueden aplicarse y desarrollarse en la cuenca objeto de estudio, tales como:

- Utilización alternativa de diferentes fuentes de recursos –superficiales, subterráneos, aguas residuales o desaladas–.
- Recarga artificial, no solo como almacenamiento temporal de las aguas excedentarias o residuales depuradas, sino también como una mejora de la calidad o una recuperación de descensos piezométricos causados por la sobreexplotación.

Los resultados que se obtienen con el modelo SIMGES, incluyen la evolución, a nivel mensual y anual, de las variables de mayor interés así como los valores medios de las mismas para el período de simulación y las garantías.

SIMULACIÓN DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE RECURSOS HÍDRICOS EN EL ALTO VINALOPÓ

Los objetivos del estudio realizado en el Alto Vinalopó han sido: optimizar la gestión de su sistema de recursos hídricos considerando diferentes alternativas, comprobar los efectos que sobre el grado de explotación de los sistemas acuíferos pudieran tener dichas alternativas y analizar las posibilidades de realización de proyectos de recarga artificial, utilizando en los mismos agua procedente del trasvase Júcar-Vinalopó.

Estos objetivos han sido analizados con el apoyo del modelo de simulación de la gestión de recursos hídricos expuesto en el apartado anterior.

Alternativas de uso conjunto planteadas

Con el fin de analizar la respuesta del sistema de recursos hídricos del Alto Vinalopó ante la llegada de nuevos recursos se plantearon diferentes escenarios. En todos los casos, la demanda urbana se consideró con una garantía completa (100%). Las demandas agrícolas se calcularon a partir de un balance de agua en el suelo, integrado en el propio modelo.

Se analizaron todos los componentes que forman el sistema de recursos hídricos del Alto Vinalopó. Este análisis resultó extremadamente complejo ya que el sistema es muy cambiante en el tiempo en cuanto al número y tipo

de componentes que lo forman y a algunos de los principales usuarios se sitúan fuera de la comarca y utilizan conjuntamente fuentes de agua de diferentes orígenes, internos y externos del sistema (figura 1.3).

Dada la complejidad del esquema estudiado y la información que de los diferentes acuíferos se dispuso, éstos se consideraron en la simulación a escala de unidad hidrogeológica. Se han simulado de modo simplificado y sólo se han considerado las acciones que se llevan a cabo en ellos por las entidades de explotación estudiadas en la simulación. Las unidades hidro-

geológicas incluidas son Yecla-Villena-Benejama (08.36), Jumilla-Villena (08.35), Carche-Salinas (08.42), Peñarubia (08.41), Sierra Mariola (08.40) y Argueña-Maigmo (08.43).

En un **primer escenario, denominado 00**, se simuló la situación hídrica actual de la zona con la información más actualizada de la que se pudo disponer entonces (2002) en cuanto a demandas, capacidad de bombeo e infraestructuras. Este escenario se considera como la referencia para cualquier otro de los que se planteen. En la figura 8.1 se presenta un esquema simplificado de flujo de recursos hídricos.

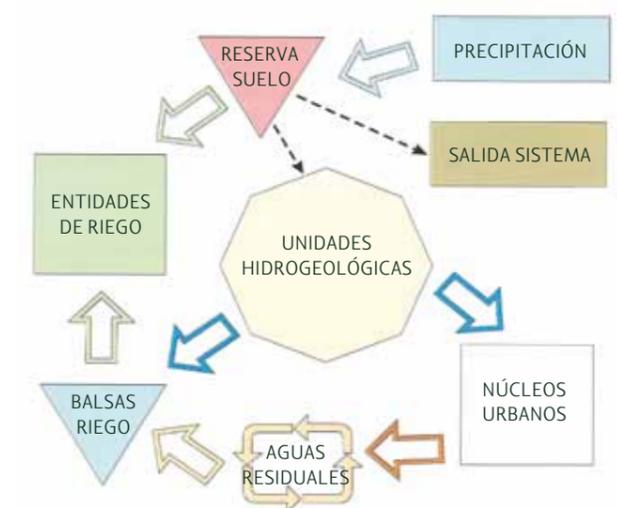


Figura 8.1. Simplificación del flujo de recursos hídricos en el sistema del Alto Vinalopó

Un **segundo escenario, denominado 01**, responde a la situación planteada por la Normativa del Plan Hidrológico del Júcar, con un trasvase de 80 hm³/año destinado a las comarcas del Valle del Vinalopó, Campo de Alicante y Marina Baja, y cuyo fin es una mejora de la garantía de suministro a la demanda existente y una reducción de la sobreexplotación de los acuífe-

ros, sustituyendo aguas subterráneas por aguas trasvasadas. Este volumen de aguas trasvasadas se repartió por zonas según un preacuerdo alcanzado por sus destinatarios, y que para las entidades correspondientes al sistema de recursos hídricos el Alto Vinalopó, suman cerca de 30 hm³/año. En la figura 8.2 se presenta el esquema correspondiente a este escenario.

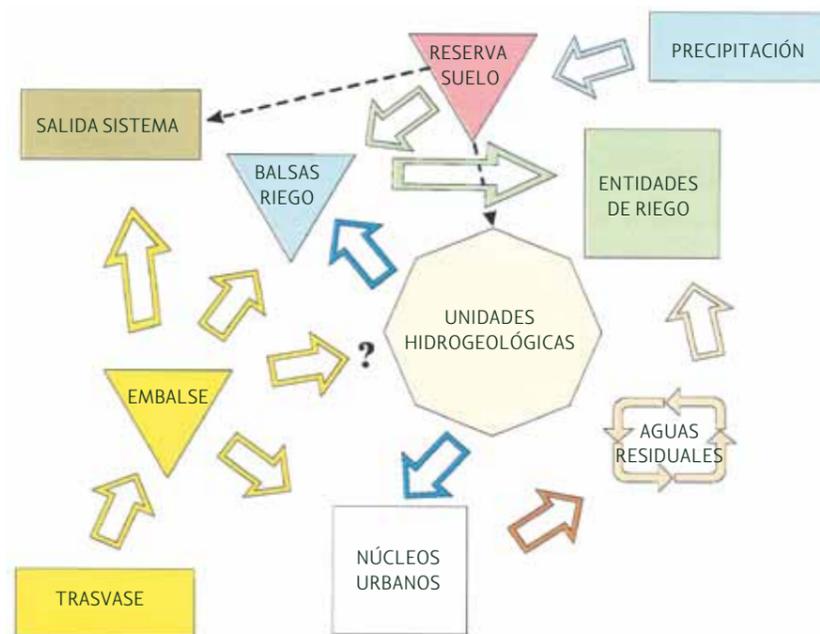


Figura 8.2. Modelo conceptual simplificado de funcionamiento del sistema de recursos hídricos del Alto Vinalopó tras la llegada de aguas del trasvase Júcar-Vinalopó



Las simulaciones se realizaron considerando caudal de trasvase constante durante todo el año y las nuevas infraestructuras construidas.

El **tercer escenario** considerado, más ligado a la gestión real de la zona en un futuro próximo, **denominado 02**, es similar al anterior, pero introduciendo la posibilidad de que se realicen bombeos de apoyo, que se limitarían exclusivamente por la capacidad extractiva actual de las baterías de bombeo.

Resultados obtenidos

En el **primer escenario**, la simulación muestra un importante déficit de agua en todo el sistema, motivado por el que sufren las demandas agrícolas, ya que, como se ha expuesto, las urbanas tienen satisfechas sus necesidades.

Para las demandas agrícolas situadas en el Alto Vinalopó la garantía volumétrica es del 74%, con un déficit medio de 13 hm³/año, variable en el período simulado entre 1 hm³/año y más de 21 hm³/año, concentrándose entre julio y septiembre el 80% del déficit anual, siendo la garantía mensual superior al 60%.

Para las entidades de riego del Medio Vinalopó incluidas en el esquema, el déficit medio calculado es de 24 hm³/año, lo que representaría una garantía mensual ligeramente superior al 50% y una garantía volumétrica inferior al 60%. En ambos casos, aunque especialmente para el Medio Vinalopó, es posible que existan otras fuentes de suministro de agua no tenidas en cuenta, con lo que la garantía real podría incrementarse respecto de la expuesta en la tabla 8.4.

En la figura 8.3 se presenta la evolución mensual de los déficits totales medios de las entidades de riego consideradas.

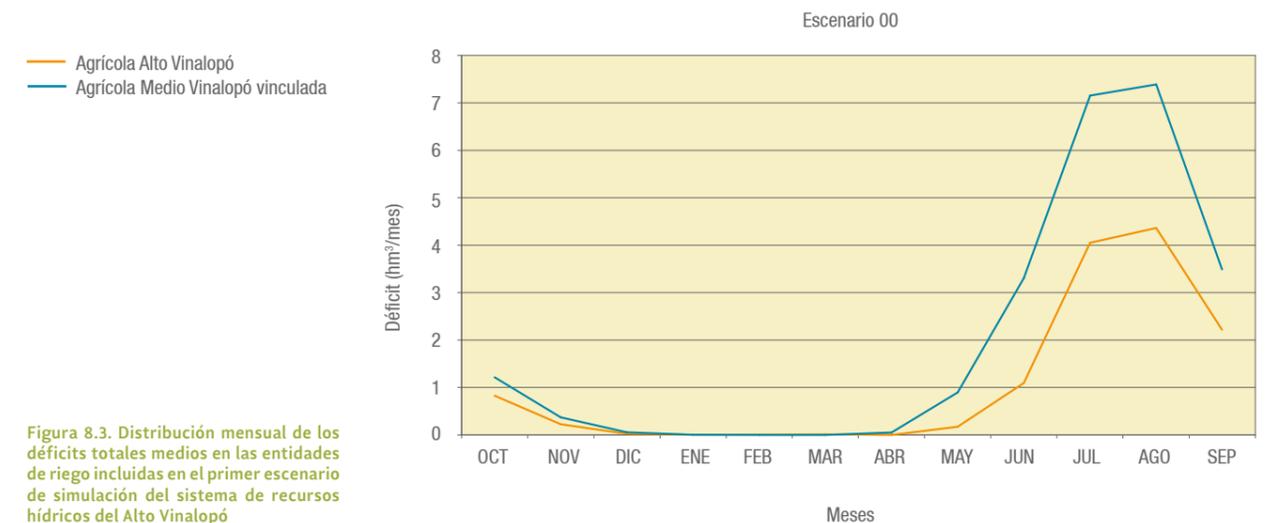


Figura 8.3. Distribución mensual de los déficits totales medios en las entidades de riego incluidas en el primer escenario de simulación del sistema de recursos hídricos del Alto Vinalopó

Puesto que la principal fuente de recursos para satisfacer las demandas de la zona y de comarcas próximas son los acuíferos del Alto Vinalopó, éstos presentan una intensa explotación, con unos volúmenes extraídos que superan ampliamente sus recur-

sos medios. Los bombeos simulados (tabla 8.1) superan los 90 hm³/año, de los que sólo 26 hm³/año se destinan a entidades propias de la comarca. De este total, más del 50% se bombea de la unidad hidrogeológica 08.36 (Yecla-Villena-Benejama), y cerca del

30% de la unidad 08.35 (Jumilla-Villena). Puesto que los recursos medios que se estiman para estas unidades, se elevan a 29 hm³/año y 6 hm³/año respectivamente, ambas unidades se encuentran de forma clara en estado de sobreexplotación.

USO	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS						Total
	08.36	08.35	08.42	08.41	08.40	08.43	
URBANO Alto Vinalopó	3,0		0,3	0,6	1,1	0,0	5,0
AGRÍCOLA Alto Vinalopó	17,2	3,0	0,7		0,4	0,5	21,8
AGRÍCOLA Medio Vinalopó	6,0	8,5	0,3		2,0	0,4	17,3
URBANO Medio Vinalopó			6,2				6,2
URBANO Ext. Prov. Alicante	0,1						0,1
SCHA		14,5					14,5
AMA	19,4			2,3		0,5	22,1
Elche	1,9			1,6			3,5
TOTAL	47,6	26,1	7,5	4,5	3,5	1,4	90,6

Datos en hm³/año

Tabla 8.1. Volúmenes medios bombeados para los diferentes usos y unidades hidrogeológicas según las condiciones de la simulación consideradas en el primer escenario

No se ha constatado en la simulación, en ningún caso, almacenamiento de aguas subterráneas en las balsas de las distintas entidades de riego. Ello es debido a la escala temporal de simulación utilizada por SIMGES (mensual) muy diferente a la escala operacional de esas balsas (horaria, diaria, semanal).

Para el **segundo escenario**, las garantías de suministro, a la escala temporal de trabajo no varían respecto al del escenario anterior, dado que únicamente ha existido una sustitución de

aguas subterráneas por aguas trasvasadas, aunque se hayan considerado las mejoras en las infraestructuras. Sin embargo, sí se reducen las extracciones de aguas subterráneas, que ahora pasan a ser del orden de sus recursos naturales, aunque, previsiblemente, los acuíferos seguirán en estado de sobreexplotación, ya que deben existir extracciones no consideradas en estas simulaciones.

La situación de los acuíferos mejoraría ligeramente, al reducirse la explotación en unos 30 hm³/año (tabla

8.2), de los que más del 40% corresponderían a la unidad 08.36 (Yecla-Villena-Benejama). Esta unidad y la de Jumilla-Villena tendrían una explotación equivalente a sus recursos anuales medios. En este caso, el dimensionado de las conducciones principales permite una distribución de agua con un amplio margen de variación en los caudales. La existencia de un embalse de cabecera de 20 hm³ y de múltiples balsas repartidas por todo el sector también parecen ser suficientes para regular una variación en los aportes del trasvase.

USO	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS						Total
	08.36	08.35	08.42	08.41	08.40	08.43	
URBANO Alto Vinalopó	0,9		0,1	0,2	0,8	0,0	2,0
AGRÍCOLA Alto Vinalopó	11,9	1,9	0,4		0,1	0,5	14,8
AGRÍCOLA Medio Vinalopó	3,6	5,1	0,2		1,2	0,3	10,3
URBANO Medio Vinalopó			6,2				6,2
URBANO Ext. Prov. Alicante	0,1						0,1
SCHA		9,0					9,0
AMA	15,1			0,0		0,0	15,1
Elche	3,3			0,2			3,5
TOTAL	34,9	16,0	6,9	0,4	2,1	0,8	61,1

Datos en hm³/año

Tabla 8.2. Volúmenes medios bombeados para los diferentes usos y unidades hidrogeológicas según las condiciones fijadas por el Plan Hidrológico del Júcar en su propuesta de trasvase Júcar-Vinalopó

Al no existir en estas simulaciones excedentes temporales de agua no se ha planteado la posibilidad de realización de recarga artificial.

Finalmente, el **tercer escenario, denominado O2**, contempla un trasvase en condiciones similares que el anterior y bombeos de apoyo a distintas demandas agrícolas. Esta simulación muestra un incremento sustancial de las garantías volumétricas de suministro, que superarían el 85%, con una garantía mensual del 75% frente al 62% de los otros escenarios, muy aceptables para la agricultura.

En este escenario se obtiene una mejora considerable en el abastecimiento al sistema, ya que las garantías para riego se incrementarían en más del 10%. Sin embargo, ello requeriría unos bombeos cercanos a 70 hm³/año, de los que el 60% corresponderían a la

unidad 08.36 (Yecla-Villena-Benejama) y el 25% a la unidad hidrogeológica 08.35 (Jumilla-Villena), con lo que se mantendría la sobreexplotación en ambas (tabla 8.3).

En ninguno de los escenarios planteados se ha considerado oportuno simular el empleo de recarga artificial como alternativa de almacenamiento de aguas superficiales, ya que para evaluar la viabilidad de la misma es necesario la existencia de excedentes de agua, cuyo conocimiento obliga a saber la cadencia temporal con la que se realizará el trasvase de agua desde el Júcar. De hecho, si este se realiza a caudal constante durante todos los meses del año, se estima que no será posible realizar operación de recarga artificial alguna, ya que existe un déficit permanente de agua en la Comarca que requerirá siempre de todo el agua que llegue a través del trasvase.

USO	UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS						Total
	08.36	08.35	08.42	08.41	08.40	08.43	
URBANO Alto Vinalopó	0,9		0,1	0,2	0,8	0,0	2,0
AGRÍCOLA Alto Vinalopó	16,1	3,0	0,4		0,2	0,5	20,2
AGRÍCOLA Medio Vinalopó	4,0	4,6	0,2		1,0	0,9	10,7
URBANO Medio Vinalopó			6,2				6,2
URBANO Ext. Prov. Alicante	0,1						0,1
SCHA		9,0					9,0
AMA	15,1			0,0		0,0	15,1
Elche	3,3			0,2			3,5
TOTAL	39,6	16,6	6,9	0,4	2,0	1,4	66,9

Datos en hm³/año

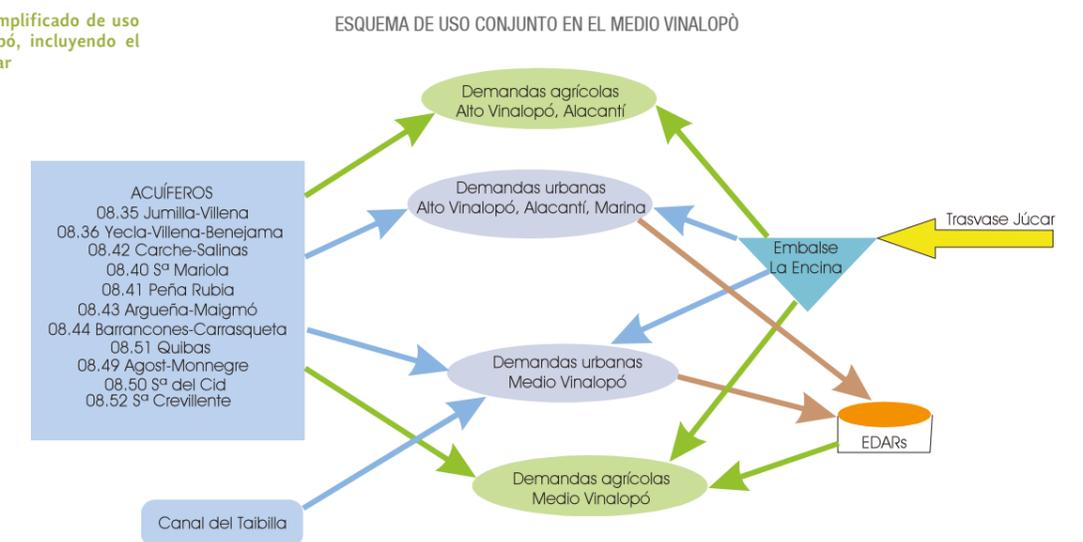
Tabla 8.3. Volúmenes medios bombeados para los usos y unidades hidrogeológicas según las condiciones fijada por el Plan Hidrológico del Júcar en su propuesta de trasvase Júcar-Vinalopó y con bombeos de apoyo

SIMULACIÓN DE LA GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL MEDIO VINALOPÓ

Para el subsistema de recursos hídricos del Medio Vinalopó se ha desarrollado una metodología de estudio similar a la aplicada en el Alto Vinalopó y cuyos fundamentos se presentaron en el apartado anterior. Para la comar-

ca del Medio Vinalopó se puede establecer un esquema simplificado de la gestión de los recursos hídricos como el que se presenta en la figura 8.4, en el que se incluye el aporte del futuro trasvase de recursos Júcar-Vinalopó.

Figura 8.4. Esquema simplificado de uso conjunto en el Vinalopó, incluyendo el futuro trasvase del Júcar



Alternativas de uso conjunto planteadas

En esta comarca, dada la diversidad de situaciones posibles se han contemplado y analizado hasta siete alternativas o simulaciones diferentes, correspondiendo la primera de ellas al esquema actual de gestión y las seis restantes a otros escenarios diferentes.

Simulación en las condiciones actuales

Es importante señalar que tanto en esta simulación como en las seis restantes que se van a exponer posteriormente, los datos de recursos (recarga natural de los acuíferos) y los datos de las demandas, son los conocidos o disponibles en 2003, año en que se llevó a cabo esta simulación. Con posterioridad ha

habido una importante puesta al día de datos en el Mapa del Agua (DPA, 2007), aunque esto no modifica sustancialmente los resultados.

Partiendo de los sistemas e infraestructuras que actualmente están implantadas para el abastecimiento al Sistema Medio Vinalopó se ha realizado una simulación para la optimización de la gestión de los recursos hídricos.

Para ello se han considerado las series de aportaciones correspondientes a 6 años hidrológicos (octubre-septiembre), desde octubre de 1995 a septiembre de 2001, condicionado por la información disponible.

De acuerdo con esta simulación, se ha elaborado la tabla 8.4 que presenta el grado de explotación de los acuíferos para satisfacer las demandas del subsistema Medio Vinalopó. En dicha tabla se presenta asimismo la recarga media por agua de lluvia de dichos acuíferos, según las informaciones disponibles (IGME-DPA, 2003; IGME-DPA, 2002). El coeficiente entre explotación y recarga refleja el grado de sobreexplotación de los acuíferos, destacando el déficit existente en los acuíferos de

Sierra de Crevillente, Sierra de Salinas, Solana, Umbría y Sierra Mariola.

Cabe mencionar que otro de los acuíferos con una importante sobreexplotación es el acuífero Jumilla-Villena. Las simulaciones se han realizado considerando una recarga media de 17 hm³/año, según los datos disponibles en las fuentes arriba citadas. Con posterioridad (Mapa del Agua DPA 2007) se ha asignado una recarga media al acuífero en el sector de Alicante de 6 hm³. Ello implica que la relación explotación recarga ascendería al 434%, evidenciando la citada sobreexplotación.

Por otro lado, también con los últimos datos reflejados en el Mapa del Agua (DPA 2007) El acuífero Caballo-

Fraile se encontraría en una situación de equilibrio (explotación *versus* recarga del 100%), al considerar unos bombeos de 1,1 hm³/año, equiparables a la cuantía anual de recarga media, cifrada en ese mismo valor.

Para valorar la satisfacción conseguida en la distribución de los recursos hídricos según las demandas existentes, se han considerado las garantías que ofrece el modelo, en particular la garantía mensual y la garantía anual agrupando las distintas demandas en los siguientes grupos:

- **Prioridad 1:**
Abastecimientos Urbanos
- **Prioridad 2:** Demandas agrícolas

NÚMERO ACUÍFERO MODELO	DENOMINACIÓN	DEMANDA SATISFECHA (hm ³ /año)				CAUDALES CAPTADOS (1)		% SOBRE TOTAL CAPTADO	RECARGA MEDIA ANUAL INFILTRACIÓN LLUVIA (2)	EXPLOTACIÓN respecto a RECARGA de LLUVIA (1)/(2) (%)
		URBANA Medio Vinalopó	AGRÍCOLA Medio Vinalopó	URBANA Alto Vinalopó	AGRÍCOLA Alto Vinalopó	(hm ³ /año)	Q (l/s)			
1	Serral-Salinas	6,938	11,801	0,300	0,700	19,739	625,9	16,0%	3,455	571,3%
2	Madara	2,064	1,808	0	0	3,872	122,8	3,1%	3,5	110,6%
3	Umbría	0,110	5,616	0	0	5,726	181,6	4,6%	2,5	229,0%
4	Argallet	0,000	1,232	0	0	1,232	39,1	1,0%	1	123,2%
5	S ^a Crevillente	0,658	8,362	0	0	9,020	286,0	7,3%	1,5	601,3%
6	Aislado Aspe	0,000	0,150	0	0	0,150	4,8	0,1%	--	--
7	Jumilla-Villena	1,837	10,292	0	13,927	26,056	826,2	21,1%	17	153,3%
8	Solana	3,758	4,684	20,308	17,199	45,949	1457,0	37,3%	21,614	212,6%
9	S ^a Mariola (Cabranta)	0,000	1,349	1,100	0,400	2,849	90,3	2,3%	0,74	385,0%
10	Peña Rubia	0,513	0,000	4,124	0	4,637	147,0	3,8%	4,700	98,7%
11	Argueña	0,056	0,861	0,500	0,499	1,916	60,8	1,6%	1	191,6%
12	Elda	0,000	0,226	0	0	0,226	7,2	0,2%	--	--
13	Caballo-Fraile	0,000	0,267	0	0	0,267	8,5	0,2%	1,4	19,1%
14	S ^a Cid	0,000	1,144	0	0	1,144	36,3	0,9%	1	114,4%
15	Tibi	0,264	0,000	0	0	0,264	8,4	0,2%	0,25	105,6%
16	Ventós-Castellar	0,258	0,000	0	0	0,258	8,2	0,2%	0,25	103,2%
TOTALES		16,456	47,792	26,332	32,725	123,305	3910,0	100,0%	59,91	205,8%

Tabla 8.4. Caudales medios captados en los diferentes acuíferos simulados para satisfacción de demandas

La tabla 8.5 presenta los resultados obtenidos en esta simulación para la optimización en la asignación de recursos a las demandas consideradas, jerarquizadas según la prioridad prefijada en la satisfacción de las mismas y de acuerdo a unas reglas de operación establecidas.

De acuerdo con esta optimización de la gestión, para el periodo simulado se alcanza una garantía mensual promedio en el conjunto del sistema del 80,1% y una garantía anual

promedio del 63,6%, con un déficit anual medio de 16,753 hm³.

Considerando los diferentes grupos de demanda según prioridades y analizando los resultados obtenidos, se refleja una garantía mensual media para demandas urbanas del 89,9%, y para demandas agrícolas del 68,2%. La garantía anual cuenta como fallos los años en los que se produce alguna de las siguientes circunstancias –criterio tipo planes hidrológicos–:

- en algún mes el déficit supera el 30% de la demanda mensual
- el déficit en un año supera el 15% de la demanda anual.

Según este criterio la totalidad de los abastecimientos urbanos simulados tienen una garantía anual del 100%, mientras que la mayoría de las demandas agrícolas tiene una garantía anual nula. Esto pone de manifiesto la deficiencia estructural en el abastecimiento de los regadíos del sistema.

SIMULACIÓN 1. SITUACIÓN ACTUAL Tipo de demandas	DEMANDA ANUAL (hm ³)	GARANTÍA MENSUAL MEDIA (%)	GARANTÍA ANUAL MEDIA (%)	DÉFICIT MEDIO ANUAL (hm ³)	% DÉFICIT MEDIO respecto DEMANDA
Urbana Pinoso*	1,410	100,0	100	0	0,0
Urbana Monóvar*	1,368	79,2	100	0,011	0,8
Urbana Algueña*	0,198	100,0	100	0	0,0
Urbana La Romana*	0,146	100,0	100	0	0,0
Urbana H. Nieves*	0,099	84,7	100	0,003	3,0
Urbana H. Frailes*	0,477	100,0	100	0	0,0
Urbana Aspe*	1,088	86,1	100	0,006	0,6
Urbana Petrer*	2,556	83,3	100	0,038	1,5
Urbana Elda*	4,653	86,1	100	0,05	1,1
Urbana Novelda*	2,080	91,7	100	0,027	1,3
Urbana Agost*	0,823	76,4	100	0,021	2,6
Urbana Monforte*	0,703	91,7	100	0,007	1,0
Agrícola Pinoso	11,935	58,3	0	3,448	28,9
Agrícola Monóvar	2,127	50,0	0	0,987	46,4
Agrícola Romana, Hondón, Chinorlet	11,894	58,3	0	2,297	19,3
Agrícola Algueña	0,034	100,0	100	0	0,0
Agrícola Hondones	6,277	66,7	0	2,064	32,9
Agrícola Aspe	7,520	58,3	0	3,098	41,2
Agrícola Novelda-Elda	10,150	75,0	0	0,696	6,9
Agrícola Petrer	0,267	100,0	100	0	0,0
Agrícola Agost	6,231	48,6	0	1,948	31,3
Agrícola Monforte	11,691	66,7	0	2,052	17,6
Suma urbanas	15,601	89,9	100,0	0,163	1,0
Suma agrícolas	68,126	68,2	20,0	16,590	24,4
Total	83,727	80,1	63,6	16,753	20,0

* Hay que tener en consideración que la demanda anual es teórica en base a dotaciones teóricas y por lo tanto los déficits estimados son también teóricos. En la práctica no existen déficits en los abastecimientos urbanos

Tabla 8.5. Garantías mensuales y anuales del sistema Medio Vinalopó y déficits que presentan las demandas. Simulación de la situación actual.



Simulación 2. Con trasvase Júcar-Vinalopó en diez meses (denominado SIM2).

Bajo esta simulación se ha incluido la transferencia de 80 hm³/año de recursos hídricos superficiales que está prevista en el Plan Hidrológico de Cuenca, procedente del río Júcar que, como ya se ha citado, se encuentra en fase de construcción. En cuanto a la posible distribución mensual de los caudales trasvasados, no se dispone de datos al respecto, por lo que se ha considerado una distribución de la aportación regulada en origen distribuida en diez meses de manera que no se produzcan vertidos en el embalse regulador de La Encina (figura 8.5.).

Considerando esta actuación se ha realizado una simulación que comprende la transferencia futura de recursos, y la redistribución de los orígenes del agua para cada centro de demanda.

La tabla 8.6 presenta los resultados obtenidos en esta simulación. Se han eliminado una serie de bombeos adicionales para los que se ha previsto la sustitución por caudales trasvasados, quedando otros bombeos como apoyo al nuevo sistema de abastecimiento de origen superficial.

De acuerdo con esta optimización de la gestión para el periodo simulado se alcanza una garantía mensual promedio del 94,1% y una garantía anual promedio del 93,2%, con un déficit anual medio de 2,7 hm³.

Considerando los diferentes grupos de demanda según prioridades y analizando los resultados obtenidos, se refleja una garantía mensual media para demandas urbanas del 96,6%, y para demandas agrícolas del 91%. La garantía anual media para demandas urbanas se eleva en esta simulación al 97,2%, y para demandas agrícolas al 88,3%. Esto supone una mejora considerable con respecto al sistema actual de gestión (simulación 1).



Figura 8.5. Distribución mensual propuesta del trasvase. Simulación 2 (con trasvase).

SIMULACIÓN 2. CON TRASVASE Tipo de demandas	DEMANDA ANUAL (hm³)	GARANTÍA MENSUAL MEDIA (%)	GARANTÍA ANUAL MEDIA (%)	DÉFICIT MEDIO ANUAL (hm³)	% DÉFICIT MEDIO respecto DEMANDA
Urbana Pinoso*	1,41	100,0	100	0	0,0
Urbana Monóvar*	1,368	100,0	100	0	0,0
Urbana Algueña*	0,51	98,6	100	0,002	0,4
Urbana La Romana*	0,146	100,0	100	0	0,0
Urbana H. Nieves*	0,099	98,6	83,3	0,001	1,0
Urbana H. Frailes*	0,477	100,0	100	0	0,0
Urbana Aspe*	1,088	98,6	83,3	0,007	0,6
Urbana Petrer*	2,556	98,6	100	0,008	0,3
Urbana Elda*	4,653	75,0	100	0,036	0,8
Urbana Novelda*	2,08	98,6	100	0,008	0,4
Urbana Agost*	0,823	91,7	100	0,012	1,5
Urbana Monforte*	0,703	100,0	100	0	0,0
Agrícola Pinoso	11,935	75,0	100	0,788	6,6
Agrícola Monóvar	2,127	91,7	83,3	0,079	3,7
Agrícola Romana, Hondón, Chinorlet	11,894	100,0	100	0	0,0
Agrícola Algueña	0,034	100,0	100	0	0,0
Agrícola Hondones	6,414	83,3	100	0,374	5,8
Agrícola Aspe	7,52	98,6	100	0,037	0,5
Agrícola Novelda-Elda	10,15	83,3	100	0,14	1,4
Agrícola Petrer	0,267	100,0	100	0	0,0
Agrícola Agost	6,231	86,1	100	0,17	2,7
Agrícola Monforte	11,691	91,7	0	0,586	5,0
Suma urbanas	15,913	96,6	97,2	0,074	0,5
Suma agrícolas	68,263	91,0	88,3	2,174	3,2
Total	84,176	94,1	93,2	2,248	2,7

* Hay que tener en consideración que la demanda anual es teórica en base a dotaciones teóricas y por lo tanto los déficits estimados son también teóricos. En la práctica no existen déficits en los abastecimientos urbanos

Tabla 8.6. Garantías mensuales y anuales del sistema Medio Vinalopó. Simulación 2 (con trasvase Júcar-Vinalopó)

Por otra parte de acuerdo con la tabla 8.7 las extracciones en el conjunto de acuíferos del sistema se reduciría a 68,2 hm³/año, el 55% de las actuales, lo que supondría la reducción o desaparición de la sobreexplotación en la mayoría de ellos. No obstante, esta reducción no sería suficiente en los acuíferos que actualmente sufren un mayor grado de sobreexplotación. En el de Sierra de Crevillente se mantendría un coeficiente explotación/recarga del 421% motivado

fundamentalmente por las extracciones destinadas fuera del Medio Vinalopó a partir de la Galería de los Suizos.

En el acuífero de Serral-Salinas el coeficiente explotación/recarga quedaría en el 370% como consecuencia de la insuficiente reducción de bombeos. En Umbría la situación se acercaría algo más al equilibrio con un 142% de explotación, mientras que en el resto se alcanzaría la situación de equilibrio o recuperación.

ACUÍFERO	DEMANDA SATISFECHA (hm ³ /año)				CAUDALES CAPTADOS (1)		% SOBRE TOTAL CAPTADO	RECARGA MEDIA ANUAL INFILTRACIÓN LLUVIA (2)	EXPLOTACIÓN respecto a RECARGA de LLUVIA (1)/(2) (%)
	URBANA Medio Vinalopó	AGRÍCOLA Medio Vinalopó	URBANA Alto Vinalopó	AGRÍCOLA Alto Vinalopó	(hm ³ /año)	Q (l/s)			
Serral-Salinas	3,104	9,673	0,000	0,000	12,777	405,2	18,7%	3,455	369,8%
Madara	2,065	1,514	0	0	3,579	113,5	5,2%	3,5	102,3%
Umbría	0,085	3,478	0	0	3,563	113,0	5,2%	2,5	142,5%
Argallet	0,000	0,971	0	0	0,971	30,8	1,4%	1	97,1%
S ^a Crevillente	0,217	6,105	0	0	6,322	200,5	9,3%	1,5	421,5%
Aislado Aspe	0,000	0,140	0	0	0,140	4,4	0,2%	--	--
Jumilla-Villena	0,000	6,394	0,000	8,053	14,447	458,1	21,2%	17	85,0%
Solana	0,043	0,612	11,836	9,945	22,436	711,4	32,9%	21,614	103,8%
S ^a Mariola (Cabrantá)	0,000	0,320	0,000	0,000	0,320	10,1	0,5%	0,74	43,2%
Peña Rubia	0,000	0,000	2,404	0,000	2,404	76,2	3,5%	4,7	51,1%
Argueña	0,000	0,234	0,000	0,000	0,234	7,4	0,3%	1	23,4%
Elda	0,000	0,161	0	0	0,161	5,1	0,2%	--	--
Caballo-Fraile	0,000	0,267	0	0	0,267	8,5	0,4%	1,4	19,1%
S ^a Cid	0,000	0,446	0	0	0,446	14,1	0,7%	1	44,6%
Tibi	0,118	0,000	0	0	0,118	3,7	0,2%	0,25	47,2%
Ventós-Castellar	0,053	0,000	0	0	0,053	1,7	0,1%	0,25	21,2%
TOTALES	5,685	30,315	14,240	17,998	68,238	2163,8	100,0%	59,909	113,9%

Tabla 8.7. Caudales medios captados en los diferentes acuíferos según la simulación

Simulación 3. Incorporando el trasvase y proponiendo un incremento del grado de reutilización de aguas residuales depuradas

En esta simulación se ha incluido, además de la transferencia de recursos hídricos superficiales Júcar-Vinalopó, con la misma distribución que la simulación 2, y su embalse de regulación, un incremento en la reutilización de las aguas residuales urbanas depuradas disponibles en el sistema.

La reutilización se ha elevado hasta cubrir con estos recursos alternativos el 20% de la demanda agrícola correspondiente a cada entidad de riego. Para las comunidades de regantes que ya alcanzan o superan este porcentaje de utilización de aguas recicladas, se ha mantenido la situación actual a este respecto.

Se han tenido en cuenta los recursos proporcionados por las depuradoras del sistema y otras que también aportan recursos al mismo. Para todas ellas se ha considerado un coeficiente de retorno del 80% del volumen correspondiente a los abastecimientos conectados.

Se han añadido las tomas correspondientes al incremento en el aprovechamiento de las aguas residuales depuradas para uso agrícola y se han supuesto unas conexiones adecuadas entre las EDARs y los centros de demanda agrícola receptores de recursos, de modo que no supongan limitación para la aportación prevista.

Se alcanza una garantía mensual promedio del 95,1% y una garantía anual promedio del 90,9%, con un déficit anual medio de 1,384 hm³. La

garantía mensual media para demandas urbanas del 96,6%, y para demandas agrícolas del 93,3%.

Esto supone una mejora considerable con respecto al sistema actual de gestión, y un ligero incremento adicional de la garantía para demandas agrícolas, junto con un leve descenso del déficit, respecto a la simulación que incorpora sólo el trasvase (simulación 2).

Las extracciones en el conjunto de acuíferos del sistema descendería ligeramente con respecto a la simulación 2, y se reduciría a 65,3 hm³/año, el 53% de las actuales, e implicaría una reducción adicional de la sobreexplotación en los acuíferos más afectados –Sierra de Crevillente, Serral-Salinas, Umbría y Jumilla-Villena–. No obstante, esta reducción seguiría siendo insuficiente en estos acuíferos que actualmente sufren un mayor grado de sobreexplotación.

Simulación 4. Incorporando el trasvase de octubre a marzo e incremento de la reutilización de aguas residuales depuradas

Esta simulación es similar a la 3, incluyendo la transferencia de recursos hídricos superficiales Júcar-Vinalopó (80 hm³/año) y su embalse de regulación, pero con una distribución mensual de las aportaciones del trasvase concentradas en los meses de octubre a marzo, que es lo más previsible en estos momentos. La distribución no es uniforme y tiene un máximo de 18,5 hm³ en octubre y un mínimo de 8,25 hm³ en enero.

La reutilización de las aguas residuales urbanas depuradas disponibles en el sistema se ha supuesto como en el escenario anterior.

Para el periodo simulado se alcanza una garantía mensual promedio del 78,7% y una garantía anual promedio del 34,1%, con un déficit anual medio de 8,015 hm³.

Considerando los diferentes grupos de demanda según prioridades se obtiene una garantía mensual media para demandas urbanas del 76,3%, y para demandas agrícolas del 81,7%.

La garantía anual media para demandas urbanas se calcula en esta simulación en el 33,3%, y para demandas agrícolas al 35,0%. Esto supone una mejora para las demandas agrícolas con respecto al sistema actual de gestión, pero sin embargo implica un empeoramiento de la situación para las demandas urbanas, con descenso de las garantías mensual y anual e incremento de los déficits. Esto es debido por una parte a la sustitución de aguas subterráneas por superficiales del trasvase, que no podría atender el conjunto de las demandas urbanas en los meses de verano como consecuencia de la insuficiente capacidad de regulación actual para un trasvase concentrado en seis meses.

Las extracciones en el conjunto de acuíferos del sistema descendería con respecto a la situación actual pero sería ligeramente superior a las simulaciones 2 y 3, y sería de 71,1 hm³/año, el 57% de las actuales. En la Sierra de Crevillente se mantendría un coeficiente explotación/recarga del

479%. En el acuífero de Serral-Salinas el coeficiente explotación/recarga quedaría en el 373%, mientras que en la Umbría la situación quedaría con un 147% de explotación.

Simulación 5. Incorporando el trasvase de octubre a marzo, un incremento de la reutilización y con recarga artificial de los acuíferos del Alto Vinalopó

Esta simulación es similar a la 4, incluyendo la transferencia de recursos hídricos superficiales Júcar-Vinalopó (80 hm³/año) y su embalse de regulación, con una distribución mensual de las aportaciones del trasvase concentradas en los meses de octubre a marzo.

Así mismo incluye el incremento en la reutilización de las aguas residuales urbanas depuradas disponibles en el sistema que se ha elevado hasta cubrir con estos recursos alternativos el 20% de la demanda agrícola correspondiente a cada entidad de riego.

Además, en esta alternativa se ha considerado como novedad una recarga artificial a los acuíferos de Serral-Salinas (9,9 hm³/año), Jumilla-Villena (8,2 hm³/año) y Solana (3,2 hm³/año), para regular los volúmenes excedentarios no regulables por la infraestructura superficial, aportados por el trasvase. La recarga artificial propuesta se distribuiría mensualmente de acuerdo con la tabla 8.8.

En esta simulación no se han eliminado totalmente la serie de bombeos adicionales para los que se ha previsto la sustitución por caudales trasvasados, quedando como apoyo al nuevo sistema de abastecimiento de origen superficial. Así mismo se han añadido las tomas correspondientes al incremento en el aprovechamiento de las aguas residuales depuradas para uso agrícola.

Se alcanza una garantía mensual promedio del 91,6% y una garantía anual promedio del 84,9%, con un déficit anual medio de 3,227 hm³.

La garantía mensual media para demandas urbanas es del 95,1%, y para demandas agrícolas del 87,3%. La garantía anual media para demandas urbanas se calcula en esta simulación en el 100%, y para demandas agrícolas al 66,7%. Esto supone una notable mejora con respecto al sistema actual de gestión tanto para las demandas agrícolas como urbanas. Esto es debido por una parte a la sustitución de aguas subterráneas por superficiales del trasvase de acuerdo a la capacidad de regulación propuesta, pero además aprovechando la capacidad de regulación de los acuíferos para su explotación preferente en los meses de verano, cuando no hay aportación del trasvase. Así se salvaría el inconveniente de no poder atender el conjunto de las demandas urbanas en los meses de verano como consecuencia de la insuficiente capacidad de regulación para un trasvase concentrado en seis meses.

Simulación 6. Eliminando la exportación de recursos del sistema destinada a satisfacer las demandas urbanas de L' Alacantí y Marina Baja, que es sustituida por recursos de desalación.

Las extracciones en el conjunto de acuíferos del sistema descenderían con respecto a la situación actual pero sería superior a las simulaciones 2, 3 y 4, y se calcula en 75,9 hm³/año (tabla 66), el 61% de las actuales.

Con esta alternativa se conseguiría equilibrar los acuíferos de Serral-Salinas y Solana, a la vez que pondría en situación de recuperación al de Jumilla-Villena. En la Sierra de Crevillente se mantendría la sobreexplotación con un coeficiente explotación/recarga del 480%, mientras que en Umbría la situación quedaría con un 148% de explotación. El resto de acuíferos estarían en situación de equilibrio o recuperación.

Con esta simulación se pretende analizar la posible situación resultante de sustituir la explotación de recursos subterráneos del sistema destinados a satisfacer demandas urbanas del Alacantí, por recursos procedentes de la desalación. También se ha supuesto la sustitución de los 10 hm³ del trasvase destinados a la Marina Baja por agua desalada, liberando este volumen aportado por el trasvase para atender el resto de demandas del sistema.

Bastidores de membranas de ósmosis inversa para desalación



ACUÍFERO	VOLUMEN RECARGADO (hm3)					
	Noviembre	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Total
Serral-Salinas	1,975	2,000	2,000	2,000	2,000	9,975
Jumilla-Villena	0,517	0,726	0,817	3,100	3,100	8,260
Solana	0,162	0	0	2,725	0,335	3,222

Tabla 8.8. Distribución mensual de la recarga artificial propuesta.

Por lo demás la simulación es similar a la 4, incluyendo la transferencia de recursos hídricos superficiales Júcar-Vinalopó (80 hm³/año) y su embalse de regulación, con una distribución mensual de las aportaciones del trasvase concentradas en los meses de octubre a marzo, así como la reutilización de las aguas residuales urbanas depuradas disponibles en el sistema hasta cubrir con estos recursos alternativos el 20% de la demanda agrícola correspondiente a cada entidad de riego.

En esta alternativa se han eliminado los bombeos adicionales para los que se ha previsto la sustitución por caudales trasvasados, quedando el resto como apoyo al nuevo sistema de abastecimiento de origen superficial.

Con este escenario se alcanza una garantía mensual promedio del 82,2% y una garantía anual promedio del 40,9%, con un déficit anual medio de 6,8 hm³. Para demandas urbanas la garantía mensual del 81,3%, y para

demandas agrícolas del 83,3%. La garantía anual media para demandas urbanas se calcula en esta simulación en el 50%, y para demandas agrícolas al 30%.

Esto supone una mejora con respecto al sistema actual de gestión para las demandas agrícolas, pero no así para las urbanas. Seguiría pesando el conjunto de las demandas urbanas en los meses de verano como consecuencia de la insuficiente capacidad de regulación para un trasvase concentrado en seis meses (octubre a marzo).

Las extracciones en el conjunto de acuíferos del sistema descendería sensiblemente con respecto a la situación actual y en menor medida respecto a las simulaciones anteriores, y se calcula en 61,6 hm³/año, el 50% de las actuales.

Con esta alternativa sólo mejora sensiblemente con respecto a la simulación

4 el acuífero de Solana, que se conseguiría poner en situación de recuperación. En la Sierra de Crevillente se mantendría la sobreexplotación con un coeficiente explotación/recarga del 479%, y del 370% en Serral-Salinas, mientras que en Umbría la situación quedaría con un 147% de explotación. El resto de acuíferos estarían en situación de equilibrio o recuperación.

Simulación 7. Con caudal y regulación del trasvase necesarios para satisfacer demandas y equilibrar acuíferos.

Con esta alternativa muy poco probable, se pretende calcular el volumen y distribución mensual de la aportación del trasvase necesario para satisfacer las demandas planteadas en el sistema y equilibrar la situación de sobreexplotación de los distintos acuíferos considerados. Esto se ha conseguido con una transferencia de recursos hídricos superficiales Júcar-Vinalopó de unos 105 hm³/año, con el reparto mensual que se refleja en la tabla 8.9.

Así mismo incluye, al igual que en simulaciones anteriores, el embalse de regulación de 20 hm³ y el incremento en la reutilización de las aguas residuales urbanas depuradas disponibles en el sistema, hasta cubrir con estos recursos alternativos el 20% de la demanda agrícola correspondiente a cada entidad de riego.

En esta simulación se han eliminado los bombeos adicionales para los que se ha previsto la sustitución por caudales trasvasados, quedando otros como apoyo al nuevo sistema de abastecimiento de origen superficial.

La distribución mensual de la aportación correspondiente al trasvase se reparte a lo largo de todo el año, tratando de minimizar los aportes en meses de verano. Suma un total de 104,25 hm³/año, lo que supone un incremento de 24,25 hm³/año con respecto al trasvase máximo previsto por el Plan Hidrológico, con máximo de 18 hm³ en enero y mínimo de 4 hm³ en agosto. Con posterioridad a la elaboración del modelo, la Administración Hidráulica modificó las previsiones de distribución de caudales.

Con todo ello, se alcanza una garantía mensual promedio del 98,1% y una garantía anual promedio del 100%, con un déficit anual medio de 0,164 hm³. La garantía mensual media para demandas urbanas es del 97,9%, y las demandas agrícolas del 98,3%.

La garantía anual media tanto para demandas urbanas como agrícolas se calcula en esta simulación en el 100%. Esto supone la satisfacción total de las demandas integradas en el sistema de gestión tanto las agrícolas como urbanas.

Las extracciones en el conjunto de acuíferos del sistema descendería notablemente con respecto a la situación actual y sería la menor de todos los esquemas alternativos planteados. Se calcula en 42,1 hm³/año, el 34% de las actuales.

Con esa reducción drástica en los bombeos se conseguiría equilibrar los acuíferos de Sierra de Crevillente y Solana, a la vez que se iniciaría la recuperación en todos los demás.

Resumen. Comparación de simulaciones

Como resultado del modelo de uso conjunto planteado, reflejo de la situación actual en el esquema de gestión de recursos hídricos correspondiente al sistema del Vinalopó, se ha calculado un volumen medio de extracciones de 123,3 hm³/año en el conjunto de acuíferos que constituyen el sistema. Estos recursos se destinan en un 54% (66,9 hm³/año) a la satisfacción de las demandas tanto urbano-industriales como agrícolas en el Medio Vinalopó, estimadas en 83,7 hm³/año. En este sentido, considerando la demanda

teórica expresada por los usuarios para la superficie regable, se alcanzan unas garantías mensuales medias del 80,1% y anuales medias del 63,6%, con un déficit anual medio de 16,7 hm³. El resto de los bombeos se destina a atender demandas exteriores al sistema del Medio Vinalopó, correspondientes a las comarcas del Alto Vinalopó, Bajo Vinalopó y L'Alacantí.

Con este volumen de extracciones y las hipótesis de recarga natural consideradas para cada acuífero, se deduce que se encuentran en situación de sobreexplotación grave Sierra de Crevillente, con un coeficiente explotación/recarga del 601%, Serral-Salinas (571%), Umbría (229%), Solana (212%) y Argueña (191%). Así mismo presentan un grado de sobreexplotación importante Jumilla-Villena (153%) y Argallet (123%), mientras el resto se encuentra en situación más próxima al equilibrio.

MESES	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	TOTAL
APORTACIONES (hm3)	7,5	7,5	7,5	18	5,75	9,75	10,55	9,7	14	5	4	5	104,25

Tabla 8.9. Distribución mensual de la aportación propuesta del trasvase. Simulación 7 (con trasvase necesario para equilibrio de acuíferos).

En las tablas 8.10 y 8.11 y figura 8.6 se presenta el diferente grado de explotación de los acuíferos en las siete simulaciones realizadas, mientras que en la tabla 8.12 y figura 8.8 se presenta un resumen de garantías de satisfacción de demandas y déficits previstos para los mismos escenarios.

Como se ha mencionado en epígrafes anteriores, la sobreexplotación del acuífero Jumilla-Villena está infravalorada, si se considera la recarga media para el sector de Alicante evaluada en los últimos estudios provinciales, sensiblemente inferior a la empleada en las simulaciones. Igualmente,

el acuífero Caballo-Fraile también tendría un porcentaje de explotación más elevado, similar a la recarga media anual.

ACUÍFERO	CAUDALES CAPTADOS (hm3/año)						
	SIM1	SIM2	SIM3	SIM4	SIM5	SIM6	SIM7
Serral-Salinas	19,739	12,777	12,095	12,882	13,184	12,777	1,767
Madara	3,872	3,579	3,571	3,771	3,724	3,763	2,767
Umbría	5,726	3,563	3,481	3,683	3,718	3,679	0,972
Argallet	1,232	0,971	0,961	1,017	0,996	1,018	0,303
Sª Crevillente	9,020	6,322	6,054	7,193	7,207	7,192	1,517
Aislado Aspe	0,150	0,140	0,141	0,150	0,150	0,150	0,000
Jumilla-Villena	26,056	14,447	12,621	13,185	17,179	13,147	10,618
Solana	45,949	22,436	22,436	23,920	24,583	15,059	20,838
Sª Mariola (Cabranta)	2,849	0,320	0,320	0,680	0,680	0,680	0,000
Peña Rubia	4,637	2,404	2,404	2,404	2,404	2,000	2,404
Argueña	1,916	0,234	0,234	0,620	0,595	0,620	0,159
Elda	0,226	0,161	0,161	0,308	0,231	0,308	0,019
Caballo-Fraile	0,267	0,267	0,214	0,205	0,205	0,205	0,212
Sª Cid	1,144	0,446	0,446	0,830	0,830	0,830	0,392
Tibi	0,264	0,118	0,118	0,141	0,137	0,139	0,118
Ventós-Castellar	0,258	0,053	0,053	0,113	0,084	0,084	0,053
TOTALES	123,305	68,238	65,310	71,102	75,907	61,651	42,139

Tabla 8.10. Comparación de los bombeos en acuíferos en las siete simulaciones

ACUÍFERO	COEFICIENTE DE EXPLOTACIÓN / RECARGA %						
	SIM1	SIM2	SIM3	SIM4	SIM5	SIM6	SIM7
Serral-Salinas	571,3%	369,8%	350,1%	372,9%	98,2%	369,8%	51,1%
Madara	110,6%	102,3%	102,0%	107,7%	106,4%	107,5%	79,1%
Umbría	229,0%	142,5%	139,2%	147,3%	148,7%	147,2%	38,9%
Argallet	123,2%	97,1%	96,1%	101,7%	99,6%	101,8%	30,3%
Sª Crevillente	601,3%	421,5%	403,6%	479,5%	480,5%	479,5%	101,1%
Jumilla-Villena	153,3%	85,0%	74,2%	77,6%	68,0%	77,3%	62,5%
Solana	212,6%	103,8%	103,8%	110,7%	99,0%	69,7%	96,4%
Peña Rubia	98,7%	51,1%	51,1%	51,1%	51,1%	42,6%	51,1%
Argueña	191,6%	23,4%	23,4%	62,0%	59,5%	62,0%	15,9%
Caballo-Fraile	19,1%	19,1%	15,3%	14,6%	14,6%	14,6%	15,1%
Sª Cid	114,4%	44,6%	44,6%	83,0%	83,0%	83,0%	39,2%
Tibi	105,6%	47,2%	47,2%	56,4%	54,8%	55,6%	47,2%
Ventós-Castellar	103,2%	21,2%	21,2%	45,2%	33,6%	33,6%	21,2%
TOTALES	205,8%	113,9%	109,0%	118,7%	93,3%	102,9%	70,3%

Tabla 8.11. Comparación de la explotación en acuíferos en las siete simulaciones

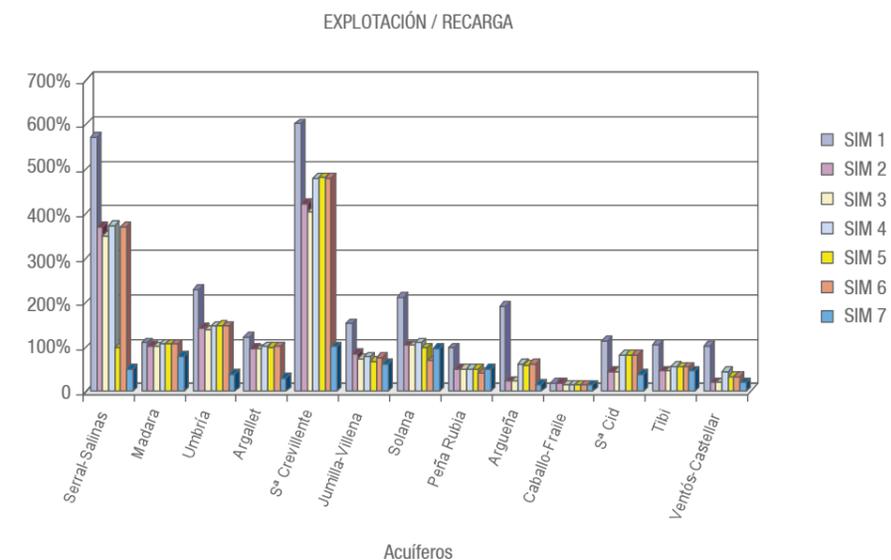


Fig. 8.6. Sobreexplotación de acuíferos según simulaciones

	DEMANDA ANUAL* (hm ³)	GARANTÍA MENSUAL MEDIA (%)	GARANTÍA ANUAL MEDIA (%)	DÉFICIT MEDIO ANUAL (hm ³)	% DÉFICIT MEDIO respecto DEMANDA
SIMULACIÓN 1. SITUACIÓN ACTUAL					
Suma urbanas	15,601	89,9	100,0	0,163	1,0
Suma agrícolas	68,126	68,2	20,0	16,590	24,4
Total	83,727	80,1	63,6	16,753	20,0
SIMULACIÓN 2. CON TRASVASE 10 meses					
Suma urbanas	15,913	96,6	97,2	0,074	0,5
Suma agrícolas	68,263	91,0	88,3	2,174	3,2
Total	84,176	94,1	93,2	2,248	2,7
SIMULACIÓN 3. CON TRASVASE 10 meses Y EDARS					
Suma urbanas	15,913	96,6	94,4	0,084	0,5
Suma agrícolas	68,263	93,3	86,7	1,300	1,9
Total	84,176	95,1	90,9	1,384	1,6
SIMULACIÓN 4. CON TRASVASE OCT-MAR Y EDARS					
Suma urbanas	15,913	76,3	33,3	2,077	13,1
Suma agrícolas	68,263	81,7	35,0	5,938	8,7
Total	84,176	78,7	34,1	8,015	9,5
SIMULACIÓN 5. CON TRASVASE OCT-MAR Y RECARGA					
Suma urbanas	15,913	95,1	100,0	0,072	0,5
Suma agrícolas	68,263	87,3	66,7	3,155	4,6
Total	84,176	91,6	84,9	3,227	3,8
SIMULACIÓN 6. Sin demandas urbanas Alacantí ni Marina					
Suma urbanas	15,913	81,3	50,0	1,998	12,6
Suma agrícolas	68,263	83,3	30,0	4,836	7,1
Total	84,176	82,2	40,9	6,834	8,1
SIMULACIÓN 7. Traslase necesario para equilibrar acuíferos					
Suma urbanas	15,913	97,9	100,0	0,036	0,2
Suma agrícolas	68,263	98,3	100,0	0,128	0,2
Total	84,176	98,1	100,0	0,164	0,2

* Hay que tener en consideración que la demanda anual es teórica en base a dotaciones teóricas y por lo tanto los déficits estimados son también teóricos. En la práctica no existen déficits en los abastecimientos urbanos

Tabla 8.12. Comparación de las garantías obtenidas para el Medio Vinalopó y déficits previstos en las siete simulaciones

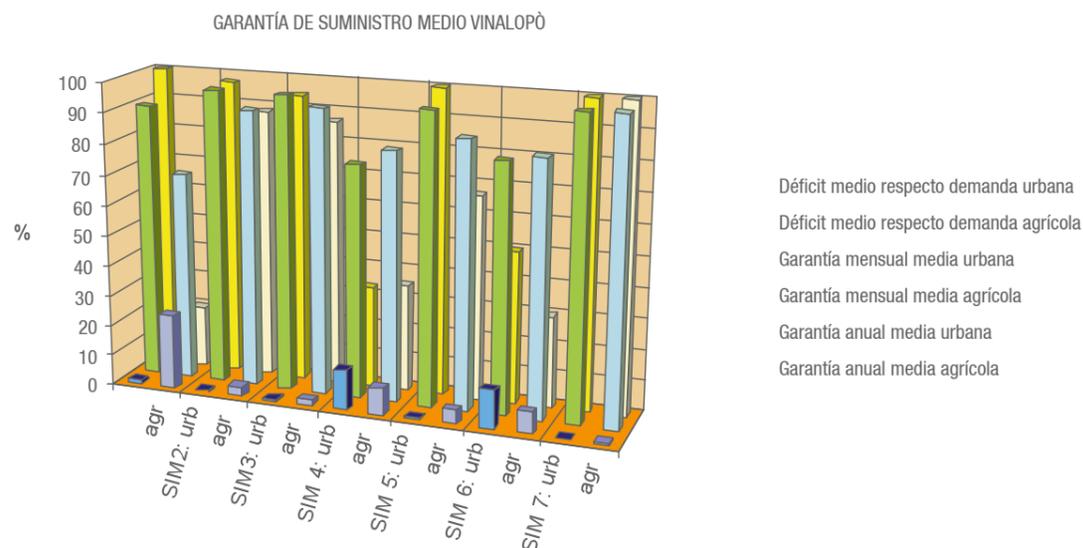


Fig. 8.7. Garantía de suministro en el Medio Vinalopó según usos y simulaciones

Según los resultados obtenidos para los diferentes escenarios alternativos planteados, lógicamente el esquema correspondiente a la **simulación 7** es el que conseguiría una mayor reducción de la explotación de los acuíferos junto con las mayores garantías en la satisfacción de demandas, puesto que el mismo planteamiento de esta simulación conlleva estas premisas. Pero para conseguirlo se necesita un volumen anual de trasvase de 104,25 hm³ distribuido en 12 meses. Con ella se trata de calcular el volumen y distribución mensual del trasvase necesario para equilibrar los acuíferos y satisfacer las demandas teóricas, y con ese objetivo se debe contemplar.

Por otra parte las **simulaciones 2 y 3**, que incorporan un trasvase de 80 hm³/año distribuido en 10 meses, consiguen una reducción considerable de la sobreexplotación en los acuíferos más afectados, en mayor medida la simulación 3 que incorpora recursos adicionales de las depuradoras de aguas residuales urbanas, aunque seguirían en situación de sobreexplotación los de Sierra de Crevillente, Serral-Salinas y Umbría. Así mismo mejoran sensiblemente las garantías de suministro respecto a las actuales, pasando la garantía mensual media de 80,1% a 94,1% y 95,1% respectivamente, y la anual media de 63,6% a 93,2% y 90,9% respectivamente. Para ello requieren la regulación del trasvase en origen y su distribución en diez meses según se refleja en los apartados correspondientes a estas simulaciones.

La **simulación 4** refleja el escenario más probable según las previsiones del Plan Hidrológico del Júcar, con un trasvase de 80 hm³/año distribuido en seis meses (octubre a marzo), y con sustitución de parte de los bombeos por aguas trasvasadas. Con este esquema se consigue igualmente una reducción importante de la explotación de los acuíferos respecto a la situación actual, aunque en menor grado que con las alternativas 2 y 3. Se mantendría como en los casos anteriores la sobreexplotación en los de Sierra de Crevillente, Serral-Salinas y Umbría, y ligeramente en los de Solana y Madara. En cuanto a las garantías, mejorarían sensiblemente las agrícolas con reducción del déficit medio de 16,5 hm³/año a 5,9 hm³/año, pero no así las urbanas que empeorarían significativamente. Esto es debido a la obligación de sustituir determinados bombeos para abastecimiento urbano por aguas del trasvase, que con la regulación propuesta en seis meses y la infraestructura prevista, no es capaz de garantizar adecuadamente el suministro en los meses de verano, mientras que se producirían excedentes no aprovechables en los meses de invierno.

Sin embargo si se utilizan los excedentes invernales para la recarga artificial de los acuíferos del Alto Vinalopó (Serral-Salinas, Solana y Jumilla-Villena), de la forma propuesta en la **simulación 5**, a la vez que se mantienen operativos los sondeos actuales para abastecimiento urbano, se conseguiría eliminar la sobreexplotación en esos tres acuíferos,

con lo que sólo quedarían en esa situación los de Sierra de Crevillente, Umbría, y ligeramente Madara. Pero al incrementar los recursos de los acuíferos, esta situación permitiría aumentar los bombeos respecto a las alternativas anteriores. Eso se reflejaría también en una mejora significativa de las garantías y reducción del déficit respecto a la simulación 4.

Con la **simulación 6** se pretende analizar la posible situación resultante de sustituir la explotación de recursos subterráneos del sistema destinados a satisfacer demandas urbanas de L'Alacantí, por recursos procedentes de la desalación. También se ha supuesto la sustitución de los 10 hm³ del trasvase, destinados a la Marina Baja por agua desalada, liberando este volumen aportado por el trasvase para atender el resto de demandas del sistema. Por lo demás es similar a la alternativa 4, incluyendo el trasvase de 80 hm³/año con una distribución mensual en seis meses y sustitución de parte de los bombeos por aguas trasvasadas, así como el incremento en la reutilización de las aguas residuales urbanas depuradas. Con este escenario la explotación de los acuíferos sólo mejora sensiblemente con respecto a la simulación 4 para el acuífero de Solana, que se conseguiría poner en situación de recuperación.

En lo relativo a las garantías se produce una mejora con respecto a la alternativa 4, pero las urbanas siguen siendo más desfavorables que en el sistema actual de gestión.

Por último, con el **escenario 7** (muy poco probable) se consigue satisfacer las demandas del sistema con el mejor aprovechamiento del embalse de regulación, sin que se produzcan vertidos. Las extracciones en el conjunto de acuíferos del sistema descenderían notablemente con respecto a la situación actual y sería la menor de todos los esquemas alternativos planteados.

Consideraciones finales

Se puede concluir de lo expuesto anteriormente que con un trasvase de 80 hm³/año distribuido en seis meses (octubre a marzo), y con sustitución de parte de los bombeos por aguas trasvasadas, que parece la operación más probable según la propuesta del Plan Hidrológico de Cuenca, y considerando las demandas teóricas de riego expresadas por las Comunidades Generales de Usuarios, se consigue una reducción importante de la explotación de los acuíferos respecto a la situación actual, aunque se mantendría la sobreexplotación en los de Sierra de Crevillente, Serral-Salinas y Umbría, y ligeramente en los de Solana y Madara. Las garantías para demandas agrícolas mejorarían sensiblemente, pero no así las urbanas que empeorarían significativamente al considerar la premisa de sustituir determinados bombeos para abastecimiento urbano por aguas del trasvase. Esto unido a la regulación propuesta en seis meses y la infraestructura prevista, no permite garantizar adecuadamente el suministro urbano en los meses de verano, mientras que se producirían excedentes no aprovechables en los meses de invierno. Se deduce por tanto, que la capacidad del embalse proyectado en La Encina (20 hm³) resulta insuficiente para regular los caudales trasvasados sin modulación.

Para solventar estos inconvenientes sería necesario por una parte la regulación en origen del trasvase para distribuirlo al menos en diez meses, o bien la aplicación de recarga artificial en los acuíferos del Alto Vinalopó (Serral-Salinas, Jumilla-Villena y Solana) con los excedentes producidos en los meses invernales, así como mantener los sondeos actuales de abastecimiento urbano como apoyo. Con estas medidas se conseguiría mejorar la garantía agrícola, manteniendo la urbana, además de permitir una mayor recuperación de los acuíferos. Por otra parte, debe señalarse la conveniencia de mantener los abastecimientos con aguas subterráneas, por su mayor calidad, en general, respecto a las aguas superficiales. A este respecto resaltar que la sustitución, llevada a cabo en la simulación, de los bombeos para abastecimiento urbano por agua del trasvase implica una clara mejora en los acuíferos destinados a este fin (especialmente Solana y Peñarrubia), cuando el escenario más probable es que el trasvase se dedique al regadío, con lo que uno de los acuíferos más beneficiados sería el Jumilla-Villena.

Otra medida que contribuiría sin duda a mejorar garantías y recuperar acuíferos sería la sustitución de parte de la explotación de recursos subterráneos del sistema del río Vinalopó, destinados a satisfacer demandas urbanas del Alacantí y Marina Baja, por recursos procedentes de la desalación. En el mismo sentido actuaría la sustitución de recursos subterráneos exportados para riego de L'Alacantí por los recursos de la cuenca del Monnegre y de reutilización de las EDAR.

OTRAS ACTUACIONES RELACIONADAS CON EL USO CONJUNTO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS EN EL VALLE DEL RÍO VINALOPÓ

Además de la aplicación del modelo de uso conjunto a las comarcas del Alto y Medio Vinalopó, la Diputación Provincial de Alicante y el Instituto Geológico y Minero de España han venido desarrollando a lo largo de los últimos años una serie de trabajos relacionados con la gestión integrada de recursos hídricos en el valle del Río Vinalopó.

Algunos de estos trabajos pueden considerarse como complementarios del modelo de uso conjunto, estando de hecho incluidos bajo la misma denominación global de *Posibilidades de almacenamiento de las aguas del trasvase Júcar-Vinalopó en los embal-*

ses subterráneos provinciales mediante recarga artificial, en la que se engloban los trabajos del modelo de uso conjunto en las dos comarcas citadas. Entre estos trabajos complementarios pueden citarse la *Aplicación de un modelo matemático para simular la evolución de los recursos hídricos en acuíferos ante diferentes alternativas de gestión*. Esta aplicación se desarrolló en cuatro de los más importantes acuíferos de la comarca del Alto y Medio Vinalopó, y que están sometidos a las mayores exigencias de explotación como se ha puesto de manifiesto en apartados anteriores: Peñarrubia, Serral-Salinas, Solana y Jumilla-Villena.

Otros trabajos, anteriores en el tiempo, pero también ligados al uso conjunto de recursos hídricos en el Valle del Vinalopó, tuvieron su ámbito de aplicación en la utilización de los acuíferos como elementos de almacenamiento y regulación de recursos hídricos para un mejor aprovechamiento de los mismos, especialmente recursos de aguas no convencionales como las aguas procedentes de estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas. En este campo de trabajos hay que englobar los desarrollados en la década de los noventa en áreas próximas a Elda-Petrer, así como en la llanura costera de Elche.



Aplicación de un modelo matemático para simular la evolución de los recursos hídricos en acuíferos del Alto y Medio Vinalopó ante diferentes alternativas de gestión

Dada la extraordinaria importancia que tienen los recursos hídricos subterráneos en el Valle del río Vinalopó y su elevado grado de sobreexplotación para satisfacción de demandas urbanas y agrícolas, hechos ambos que se han puesto sobradamente de manifiesto en capítulos y apartados anteriores, la Diputación Provincial de Alicante y el Instituto Geológico y Minero de España consideraron de elevado interés la realización de un estudio que permitiera, mediante la aplicación de la modelación matemática, conocer cual sería la evolución de niveles piezométricos y recursos hídricos en algunos acuíferos importantes ante diferentes alternativas de gestión-explotación de los mismos.

Para ello se realizaron diferentes simulaciones en el grado de explotación, aplicando un modelo matemático unicelular, bajo diferentes condiciones termoplumiométricas.

Metodología

El principio sobre el que se basa la simulación mediante modelos matemáticos es el hecho de que sí, mediante una herramienta o código informático, se puede reproducir situaciones pretéritas de un sistema o acuífero, cuyos parámetros hidrodinámicos, grado de explotación y evolución piezométrica se conoce, es presumible que dicho código matemático podrá predecir situaciones futuras como la evolución de las condiciones piezométricas, ante diferentes hipótesis de gestión y así permitir la toma de medidas precautorias o correctoras adecuadas para que se garantice el mantenimiento del sistema dentro de los límites lógicos de la sostenibilidad.

Un caso particular de la aplicación de estos modelos matemáticos es la previsión de los efectos que el cambio climático puede tener en la evolución futura de los recursos hídricos de dichos acuíferos, ante diferentes hipótesis de gestión y condiciones termoplumiométricas.

En el trabajo realizado se utilizó un modelo matemático unicelular, tipo depósito, que trata de reproducir el fenómeno recarga-explotación-evolución piezométrica. Este modelo tiene su fundamento en el modelo MEDA (Iglesias, 1984).

La recarga del acuífero corresponde siempre a una fracción de la lluvia útil que es la diferencia entre precipitación y evapotranspiración. Esta lluvia útil puede estimarse para un mes determinado como una función de la precipitación, la temperatura y un parámetro de calibración. Conocidos los valores de los dos primeros por los datos históricos, el tercer parámetro se obtiene mediante la calibración para diferentes zonas climáticas.

La recarga se puede entonces plantear como una función directa de esos parámetros, en la que intervienen a su vez otros parámetros de correlación sometidos también a la calibración:

$$\text{Recarga} = M (\text{Precipitación} - \text{Temperatura}^\beta)^N$$

Precipitación y Temperatura son los datos históricos. M, N y β son los parámetros sometidos a calibración.

El parámetro de la lluvia útil β que varía entre 1,3 para zonas cálidas y 1,6 para zonas frías, ha sido tomado como

1,3 en los estudios realizados, mientras que los parámetros M y N son adimensionales y regulan la correlación potencial entre lluvia útil y recarga.

Por otra parte la variación en la cantidad de agua almacenada en un acuífero para un período determinado se puede expresar mediante la ecuación

$$V_a = h \cdot \text{FAG}$$

Siendo h la variación del nivel piezométrico en dicho período y FAG el llamado factor de almacenamiento global, que a su vez es el producto del coeficiente de almacenamiento S y el área del acuífero sometida a variación piezométrica.

Cada uno de estos factores, h, S y área del acuífero son variables en el tiempo y mientras h puede medirse, los otros dos deben calibrarse con el modelo.

Asimismo, la variación del agua almacenada en un período se puede también expresar como la diferencia entre recarga natural del acuífero y cantidad bombeada en ese mismo período, es decir,

$$V_a = R - B = h \cdot \text{FAG}$$

De lo que se puede deducir que

$$h = \frac{R-B}{\text{FAG}} = \frac{M (P-T^\beta)^N - B}{\text{FAG}}$$

Esta es la ecuación básica en la que se fundamenta el modelo aplicado.

En la fase de calibrado y validación del modelo se determinan los parámetros M, N y S (β se supone, como ya se ha mencionado, igual a 1,3), a partir

de los datos históricos conocidos del acuífero: precipitaciones, temperaturas, bombeos y variaciones del nivel piezométrico. El período unitario de estimación que se suele establecer es el mes natural, por lo que los datos deben conocerse (o estimarse) con esa frecuencia.

Una vez determinado los valores M, N y S para diferentes períodos climáticos, es posible realizar la simulación de condiciones futuras, para predecir la evolución piezométrica del acuífero.

Aplicación a los acuíferos mencionados

Como ya se ha mencionado, el modelo para simulación de la evolución de los recursos hídricos se ha aplicado a los acuíferos de Peñarubia, Serral-Salinas, Solana y Jumilla-Villena. La primera labor realizada tras la elección del modelo y definición de las condiciones de aplicación fue la calibración y validación del mismo con los datos históricos existentes. Con esto se pudo estimar los parámetros que intervienen en la ecuación-algoritmo matemático que rige las relaciones Recarga-Explotación-Nivel piezométrico.

En la tabla 8.13 se presenta los valores estimados para los parámetros de cada acuífero.

Para todos ellos se ha adoptado el parámetro de la lluvia útil $\beta = 1,3$.

La validación y análisis de sensibilidad realizados con posterioridad a la calibración de estos parámetros ha mostrado para todos los acuíferos que estos parámetros son el mejor ajuste posible y que no admiten variaciones de cierta importancia, lo que revela un modelo robusto y bien definido.

En la simulación de alternativas a cada uno de los acuíferos se han tomado en consideración diferentes condiciones de extracción y régimen termoplumiométrico, para determinar en cada uno de ellos la fecha (año) en que el nivel piezométrico recuperará el nivel de drenaje natural del embalse subterráneo antes de estar sobreexplotado.

En cuanto al régimen termoplumiométrico hay que señalar que en todos ellos se plantean 3 hipótesis:

- Condiciones termoplumiométricas similares al período 1980-1999 (tipo climático seco)
- Condiciones termoplumiométricas similares al período 1960-1979 (tipo climático húmedo)
- Condiciones termoplumiométricas mixta consistente en alternancia de décadas secas y décadas húmedas (tipo climático alternante).

Acuífero	M	N	S
Peñarubia	4,3	0,875	0,018
Serral-Salinas	1,87	0,21	0,005
Solana	0,9	0,89	0,01
Jumilla-Villena	0,2	1,2	0,03

Tabla 8.13. Estimación de los parámetros de modelo para cada uno de los acuíferos estudiados

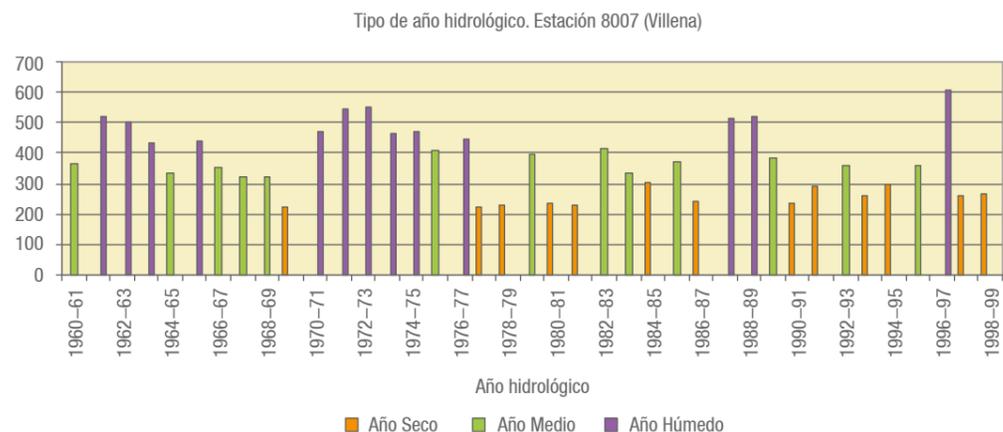


Figura 8.8. Precipitaciones anuales en la estación 8007 (Villena) durante el período 1960-1999. Tipo de año hidrológico

Para el **acuífero de Peñarubia**, se han simulado en estas 3 condiciones climáticas una variedad grande de volumen de explotación neta desde 0,2 hm³/año a más de 4 hm³/año. En la tabla 8.14 se presentan los resultados.

En el resultado obtenido de simulaciones se puede resaltar que una explotación neta superior a 1 hm³/año dilataría mucho el período de recuperación del acuífero, que puede llegar a alcanzar los 100 años para explotación neta superior a los 3 hm³/año.

La recarga media anual global para el periodo estudiado 1960-1999 es de 4,7 hm³/año, con un valor máximo de 9,1 hm³/año y un mínimo de 1,13 hm³/año.

Según la tipología climática se puede establecer las siguientes recargas media anual:

- Años secos: 2,4 hm³/año
- Años alternantes (medios): 4,5 hm³/año
- Años húmedos: 7,2 hm³/año

Explotación neta simulada (hm³/año)	Tipo climático		
	Seco	Húmedo	Alternante
0,2	2029	2019	2024
0,5	2030	2022	No simulado
1	2034	2024	2029
2	2051	2031	2038
3	2099	2039	2056

Tabla 8.14. Año de recuperación de nivel de drenaje para las condiciones señaladas en el Acuífero Peñarubia

Para el **acuífero de Serral-Salinas** el rango de caudales va también de 0,2 a 4 hm³/año. En la tabla 8.15 se presenta un resumen de las simulaciones:

La recarga media anual de este acuífero para el período mencionado es de 3,5 hm³/año con un máximo de 5,5 hm³/año y un mínimo de 1,5 hm³/año.

La recarga para los años tipos definidos sería de:

- Años secos: 2,3 hm³/año
- Años alternantes (medios): 3,5 hm³/año
- Años húmedos: 4,6 hm³/año

La recuperación de las condiciones naturales en este acuífero se retrasa mucho, incluso para explotación neta muy baja de 0,2 hm³/año.

Explotación neta simuladores (hm³/año)	Tipo climático		
	Seco	Húmedo	Alternante
0,2	2139	2096	2109
1	2169	2124	2143
2	2319	2188	2238

Tabla 8.15. Año de recuperación de nivel de drenaje para las condiciones señaladas en el Acuífero Serral-Salinas

Para el **acuífero de Solana** el rango de caudales simulados va de 4 a 20 hm³/año de explotación neta. En la tabla 8.16 se representan los resultados.

La recarga media anual se puede establecer en 21,65 hm³/año, con un valor máximo de 41,5 hm³/año y un mínimo de 5,48 hm³/año.

Para los diferentes tipos climáticos se obtiene la siguiente recarga:

- Años secos: 11,06 hm³/año
- Años alternantes (medios): 20,77 hm³/año
- Años húmedos: 33,17 hm³/año

De acuerdo con las simulaciones, las alternativas que representa un bombeo neto superior a 14-16 hm³/año ya dilata la recuperación muchos años 30-100 años según la hipótesis que se considere.

Explotación neta simuladores (hm³/año)	Tipo climático		
	Seco	Húmedo	Alternante
4	2025	2017	2019
6	2030	2018	2023
10	2040	2025	2033
14	2072	2034	2050
16	2031	2036	2057

Tabla 8.16. Año de recuperación de nivel de drenaje para las condiciones señaladas en el Acuífero Solana

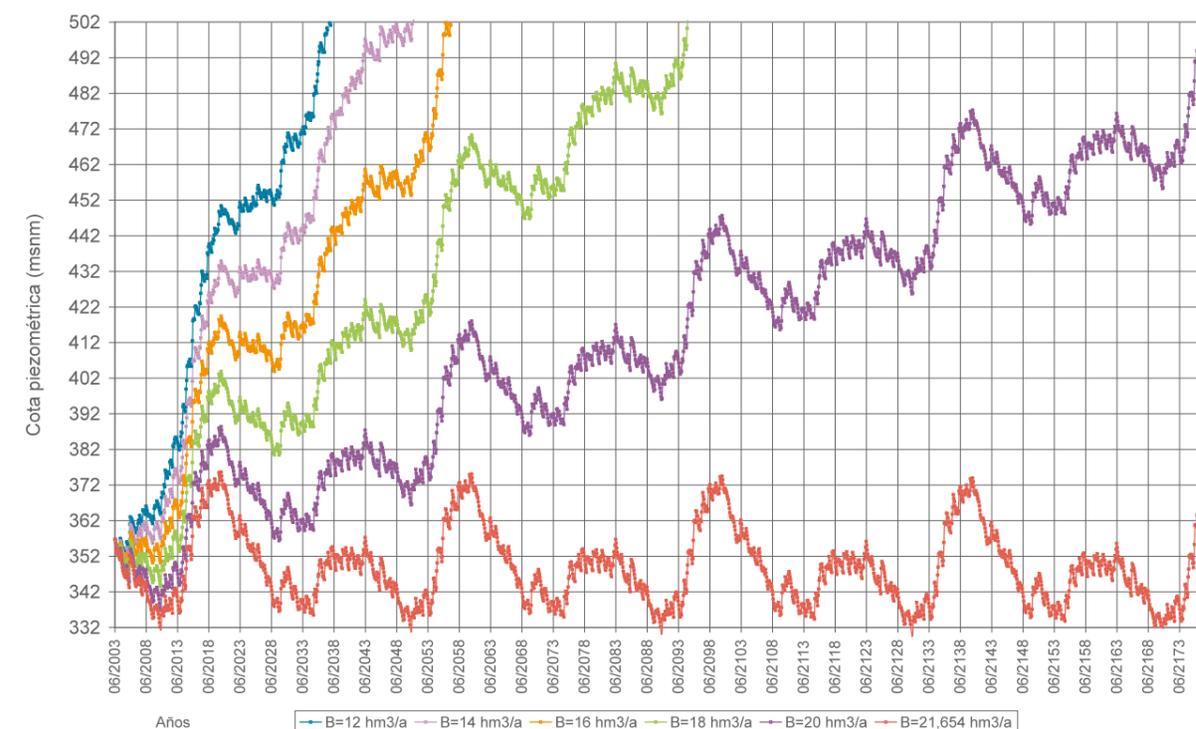


Figura 8.9. Evolución de los niveles piezométricos en el acuífero de Solana ante diferentes alternativas de explotación. Secuencia climática definida con alternancia de periodos húmedos y secos, según caracterización climática años 1960 a 1999



Para el **acuífero de Jumilla-Villena** el rango de explotación simulado varía entre 0 y más de 20 hm³/año.

En la tabla 8.17 se presentan los resultados para tres caudales. En este acuífero hay que considerar que existe una explotación del mismo en la provincia de Murcia, que hay que sumar a la explotación de Alicante.

La recarga medio anual del acuífero Jumilla-Villena es de 20,8 hm³/año con un máximo de 47,95 hm³/año y un mínimo de 0,61 hm³/año.

Para las diferentes tipologías climáticas, se obtienen las siguientes recargas media anual:

- Años secos: 8,61 hm³/año
- Años alternantes (medios): 20,2 hm³/año
- Años húmedos: 35,7 hm³/año

De acuerdo con las simulaciones realizadas se pone de manifiesto que la recuperación de este acuífero es muy difícil con explotaciones netas superiores a 10 hm³/año, ya que el año de recuperación del nivel de referencia (456 msnm) –nivel piezométrico correspondiente al registro más antiguo conocido–, se alcanzaría a partir de finales del siglo XXI, es decir, en un plazo de casi 100 años.

Explotación neta simuladores (hm ³ /año)	Tipo climático		
	Seco	Húmedo	Alternante
0	2054	2039	2048
8,72	2101	2058	2077
10,72	2128	2067	2092

Tabla 8.17. Año de recuperación de nivel de drenaje para las condiciones señaladas en el Acuífero de Jumilla-Villena

Sobreexplotación y cambio climático

El cambio climático, referido a las variaciones de temperatura y su influencia en la forma en que se producen las precipitaciones –cantidad e intensidad– puede influir notablemente en el volumen de agua que recarga los acuíferos.

Como complemento a la aplicación del modelo matemático a los cuatro acuíferos que se acaba de describir,

se ha llevado a cabo un análisis estadístico de la incidencia que las condiciones climáticas y su evolución han tenido sobre la recarga de los acuíferos durante todo el siglo XX, extrapolándose posteriormente la curva de evolución de la recarga a cada acuífero a todo el siglo XXI con vistas a estimar su comportamiento futuro.

En las figuras 8.10 y 8.11 se presentan la evolución de la precipitación y temperatura a lo largo de las diez décadas del siglo XX.

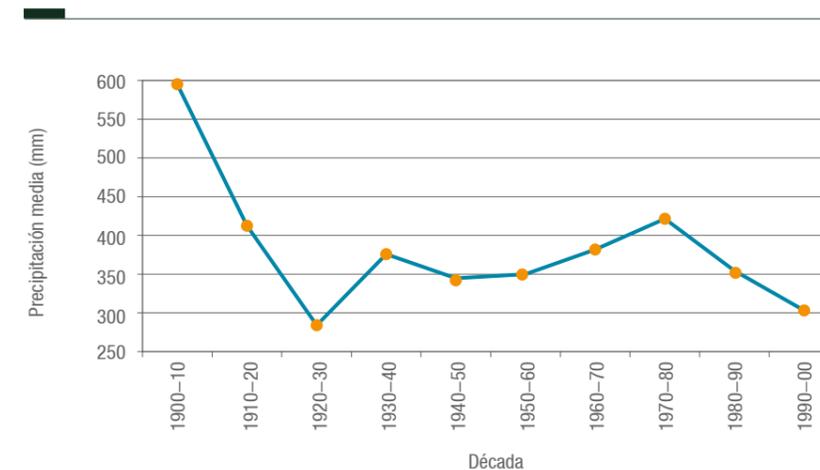


Figura 8.10. Precipitación media en la estación 8007 (Villena) en cada década

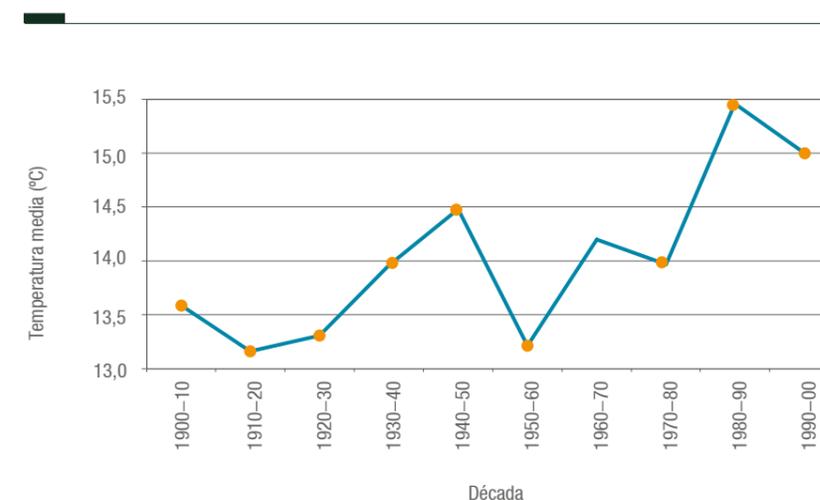


Figura 8.11. Temperatura media en la estación 8007 (Villena) en cada década.

Se observa en ellas en general una cierta variabilidad de ambos parámetros, con alternancias de ciclos ó períodos de diferente signo. Sin embargo se puede constatar que la tendencia general en la pluviometría es descendente y en la temperatura ascendente. Ambas tendencias han sido confirmadas estadísticamente en un test de correlación aplicado a ambas series de datos, y por otra parte concuerdan con las conclusiones que sobre cambio

climático han obtenido para otros lugares de la península y del planeta numerosos grupos de científicos.

En la alternancia antes mencionada se observa para la precipitación un predominio de años húmedos en el primer tercio del siglo y un incremento de los años secos en el tramo final del mismo. Como norma general se observa un incremento medio de la temperatura de 0,16 °C por década,

mientras que la disminución media de la precipitación es de 32,5 mm por década, con independencia de los cambios que se han producido en la distribución mensual de la misma.

La evolución de la recarga estimada mediante la aplicación del modelo matemático a los cuatro acuíferos muestra una clara tendencia decreciente de tipo logarítmico a lo largo del siglo XX, como muestra la figura 8.12.

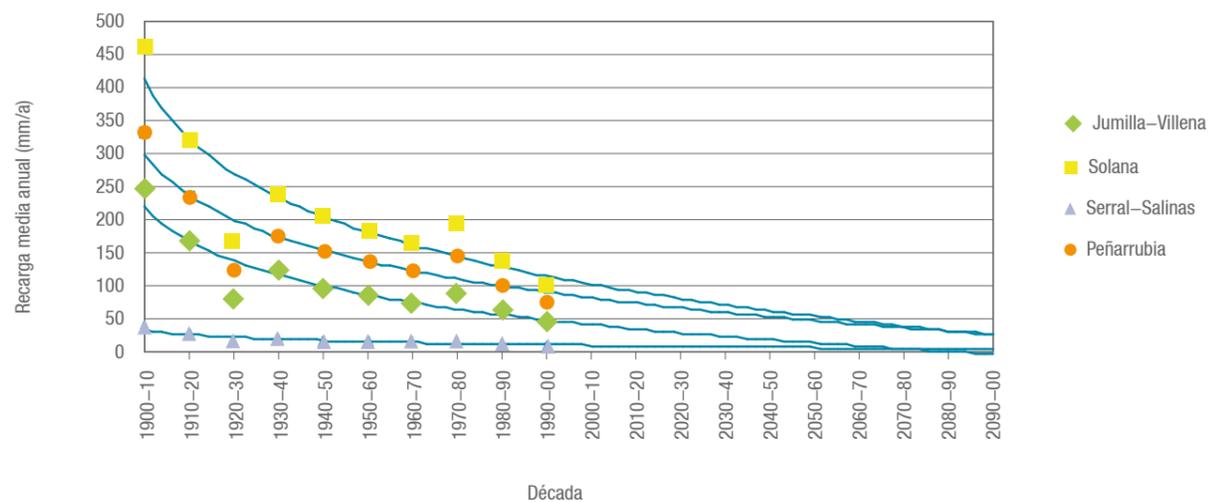


Figura 8.12. Ajuste logarítmico de la recarga media anual a lo largo de las diez décadas en los acuíferos de Jumilla-Villena, Serral-Salinas, Solana y Peñarubia.

Todas las funciones logarítmicas representadas tienen un ajuste elevado, superior a $R^2 = 0,8$. Destaca en todas las curvas, la rápida disminución de la recarga en las 3-4 primeras décadas del siglo, especialmente en la década 1920-30, y el descenso general de la recarga hasta un valor aproximado del 50% al final del período respecto del inicio. La extrapolación realizada de las curvas

a todo el siglo XXI, muestra que, en algún acuífero como Jumilla-Villena y Serral-Salinas, podría llegar a anularse la recarga natural hacia finales del siglo.

Finalmente, en las figuras 8.13 y 8.14 se ha estudiado la evolución del porcentaje de la recarga anual estimada con respecto a la lluvia útil y a la precipitación total. En cuanto al primero,

permanece constante a lo largo de todo el período para cada acuífero, mientras que el segundo refleja una clara tendencia descendente. Este descenso de la recarga relativa viene explicado tanto por el descenso de la precipitación total –y por lo tanto de la lluvia útil–, como por el aumento de la temperatura que origina un incremento de la evapotranspiración.

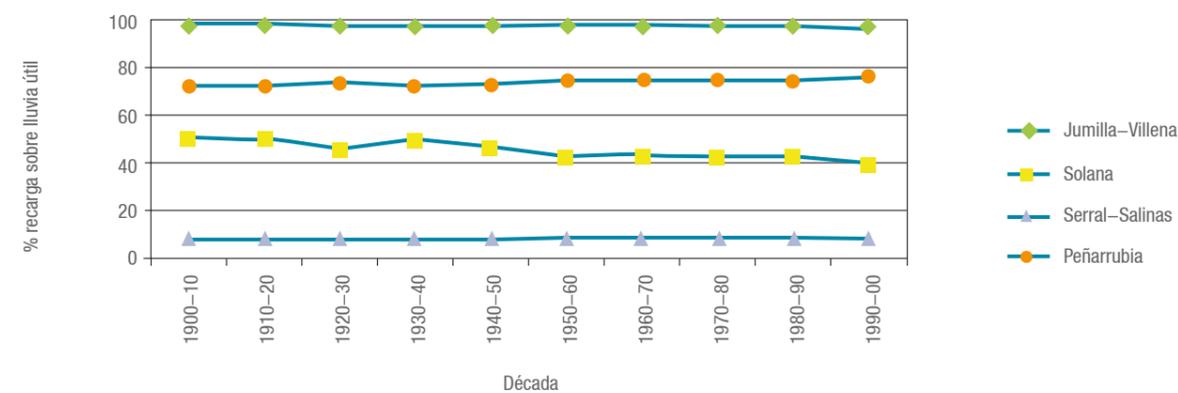


Figura 8.13. Porcentajes de recarga sobre lluvia útil por acuífero y década.

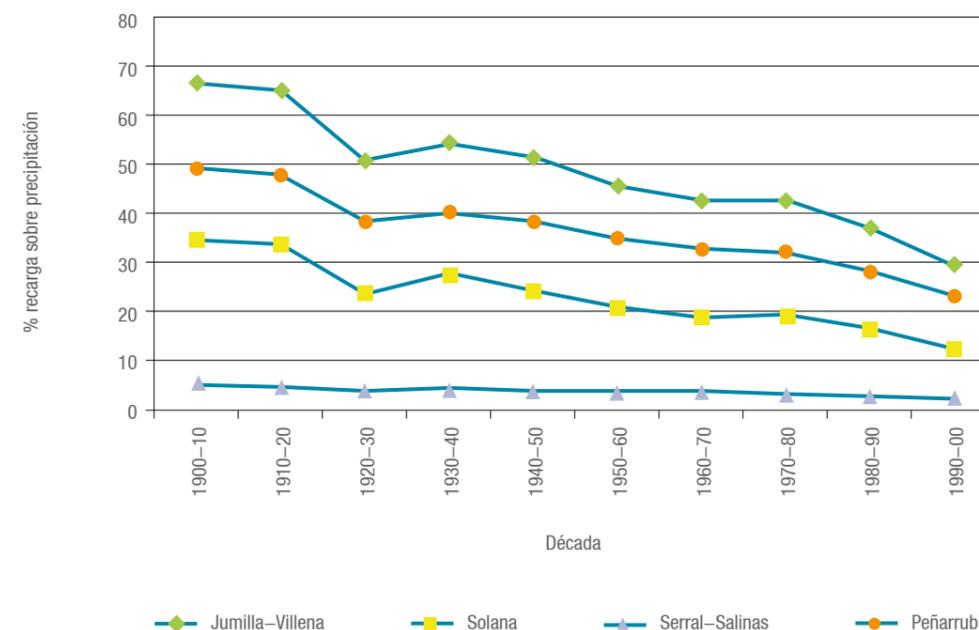


Figura 8.14. Porcentajes de recarga sobre precipitación acaecida por acuífero y década.

Otras aplicaciones de los acuíferos y su capacidad de almacenamiento en la gestión integrada de los recursos hídricos en el Valle del río Vinalopó

Durante la década de los noventa la Diputación Provincial de Alicante y el Instituto Geológico y Minero de España realizaron numerosos estudios tendentes a la aplicación de nuevas tecnologías en el saneamiento, depuración y reutilización de aguas residuales aprovechando la capacidad de almacenamiento y regulación que tienen los acuíferos. En este sentido, dentro del ámbito geográfico del Valle del río Vinalopó se desarrollaron tres estudios concretos:

- Almacenamiento subterráneo y recuperación (ASR) en el Parque de Actividades Innovadoras del Mediterráneo (PAIM) en el área de Alicante-Elche-Santa Pola.
- Utilización del espacio subterráneo para el control y mantenimiento de zonas húmedas en el Clot de Galvany también en el área de Alicante-Elche-Santa Pola.
- Propuesta de tratamiento terciario y regulación subterránea de los efluentes de la EDAR de la Mancomunidad del Medio Vinalopó.

A continuación se sintetizan las propuestas surgidas de dichos trabajos.

Almacenamiento subterráneo y recuperación en el Parque de Actividades Innovadoras del Mediterráneo (PAIM) en el área de Alicante-Elche-Santa Pola. Tiene por objetivo la creación de un almacén regulador subterráneo mediante tecnología ASR, que permita gestionar aguas regeneradas destinadas a usos urbanos no potables o aguas procedentes de desaladoras. En esta zona con escasez de recursos hídricos, el subsuelo puede jugar un importante papel en la gestión integrada de recursos. Junto a las ventajas econó-

micas de una regulación *in situ* el ASR ofrece las siguientes oportunidades:

- Optimización de las dimensiones de la planta potabilizadora para cubrir demandas de tipo cíclico, como la turística, ó de plantas depuradoras de aguas residuales para cubrir demandas agrícolas y/o urbanas no potables. Todo ello significa un ahorro sustancial en inversiones de la planta y en costes operacionales.
- Grado adicional de protección del recurso generado y almacenado, al tratarse de un almacenamiento subterráneo, reduciendo pérdidas por evaporación y riesgo de contaminación.
- Disposición de grandes volúmenes de agua en un punto próximo a las demandas, lo que permite abordar con mayor seguridad posibles situaciones de emergencia.

De los análisis de viabilidad previa realizados, se deduce que los posibles almacenes subterráneos comprenden niveles permeables del Cuaternario, Plioceno detrítico y materiales carbonatados del Andaluciense. Las propuestas realizadas estaban encaminadas a la perforación de un sondeo para ensayo piloto y determinación de las características hidrogeológicas de los distintos almacenes, así como a la realización de un ensayo general de ASR prolongado para evaluar la aptitud del diseño preliminar. En la figura 8.15 se presenta el esquema conceptual de la operación propuesta, en la que el agua regenerada en la estación de afino o terciario de una EDAR o bien el agua generada en una planta desaladora se envía habitualmente de forma directa a satisfacer la demanda. En época de excedentes en período de baja demanda, estos se

envían a la instalación de inyección del ASR, mientras que en épocas en que la demanda supera la capacidad de producción de la planta, se bombean los excedentes almacenados anteriormente en el acuífero. Tanto inyección como bombeo se realizan a través del mismo sondeo ASR.

Utilización del espacio subterráneo para el control y mantenimiento de zonas húmedas en el Clot de Galvany también en el área de Alicante-Elche-Santa Pola. Se expone el desarrollo de un sistema de control de una zona húmeda, utilizando el dominio

del subsuelo menos profundo, que ya actualmente muestra una estrecha relación con el humedal. La proximidad de dos grandes depuradoras de aguas residuales como las de Arenales del Sol y Santa Pola, junto con la ausencia de captaciones de aguas subterráneas, facilitan el empleo de agua regenerada para alimentar el humedal lo que permite el mantenimiento y protección de una zona de especial valor medioambiental. Los datos actuales aconsejan la realización de estudios tendentes a la identificación y caracterización de los niveles transmisivos, como etapa inicial de trabajo.

PAIM. Esquema conceptual de la implantación y funcionamiento de un almacén subterráneo desarrollado mediante tecnología ASR

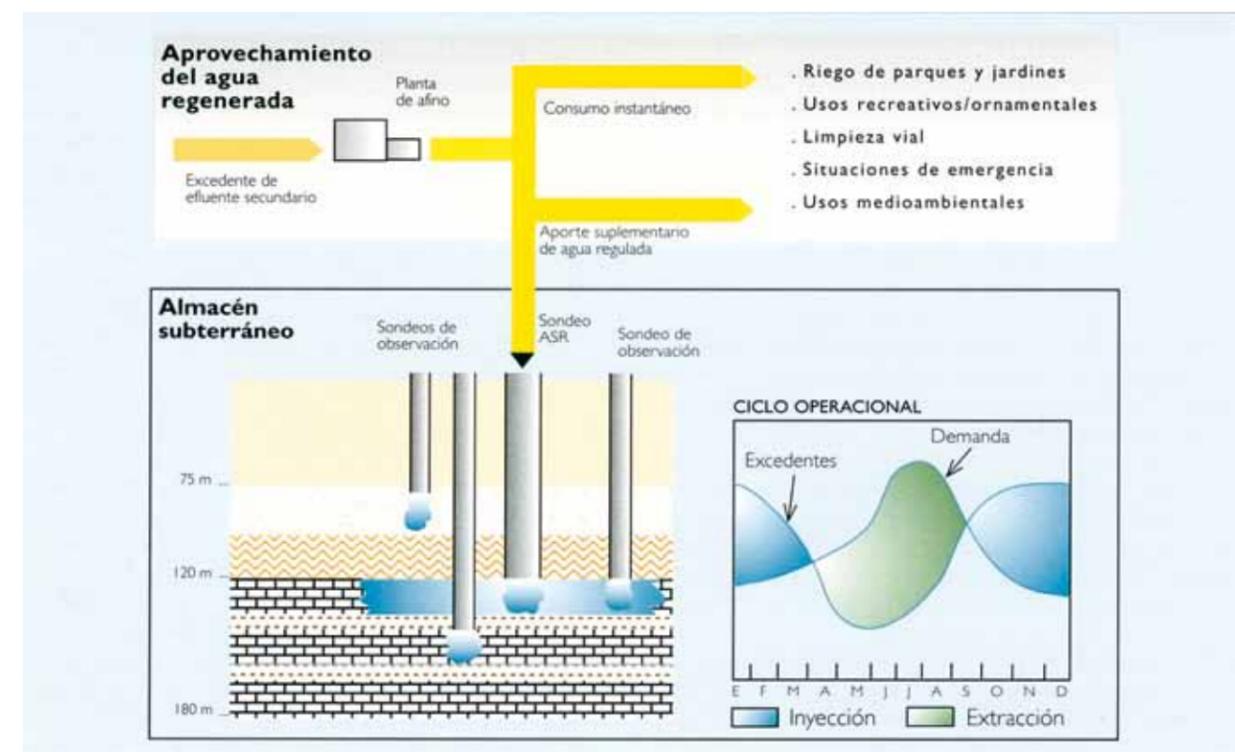


Figura 8.15. Esquema conceptual de la propuesta de ASR en el PAIM Alicante-Elche-Santa Pola

En la figura 8.16 se presenta el esquema conceptual de esta propuesta, en donde se simultanearán por una parte, el control subterráneo del nivel en el humedal del Clot de Galvany mediante aportes por inyección de agua regenerada en la depuradora de Arenales

del Sol a las formaciones permeables menos profundas, y por otra, se introducirá un tratamiento terciario en base a humedales de afino asociados al agua de la depuradora de Santa Pola que pasarán posteriormente al humedal principal.

Clot de Galvany. Esquema conceptual de la propuesta

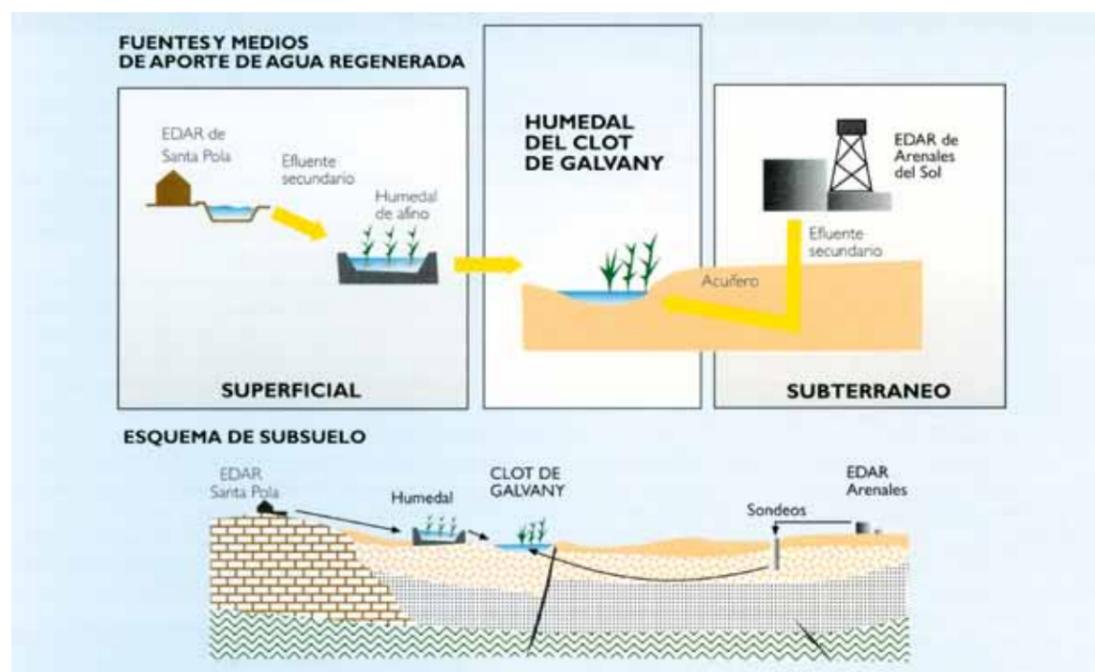


Figura 8.16. Esquema conceptual de la propuesta de utilización del espacio subterráneo en el Clot de Galvany

Tratamiento terciario y regulación subterránea de los efluentes de la EDAR de la Mancomunidad del Medio Vinalopó. Tiene como objetivo la aplicación de la tecnología ASR en un proyecto del tipo de uso conjunto para aprovechamiento de recursos no convencionales (aguas regeneradas en una EDAR) y utilización de acuíferos para regulación de caudales y tratamiento

terciario adicional. El uso final propuesto del agua regenerada –uso urbano no potable– permitiría el desarrollo del Parque del Medio Vinalopó, la limpieza vial del medio urbano y el mantenimiento de zonas verdes. Esta propuesta surgió tras un estudio detallado de las posibilidades del subsuelo en el entorno de la EDAR de Elda-Petrer y de los posibles usos del agua regenerada en la misma.

Esta utilización del agua regenerada sustituiría agua procedente de los acuíferos sobreexplotados en el Alto y Medio Vinalopó, con una reducción de la presión actual sobre los mismos,

al tiempo que se evita el vertido de aguas residuales al ya muy deteriorado cauce del río Vinalopó. En la figura 8.17 se presenta el esquema conceptual de la propuesta.

Elda. Esquema conceptual de la propuesta

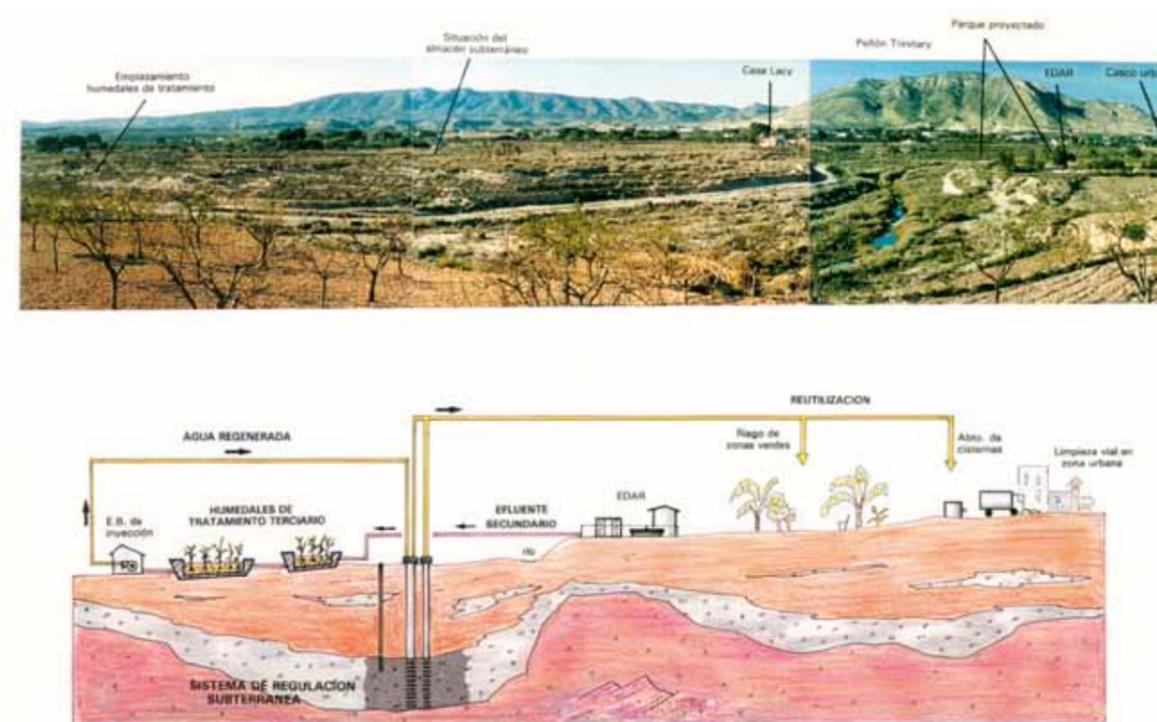


Figura 8.17. Esquema conceptual para la propuesta de tratamiento terciario y regulación subterránea de los efluentes de la EDAR de la Mancomunidad del Medio Vinalopó

La EDAR existente se complementaría con un tratamiento de afino en humedales construidos en el propio cauce del río, lo que no solo constituye una notable economía en el tratamiento, sino también una excelente integración de las plantas en el entorno fluvial. El almacenamiento subterráneo permite disponer de una gran capacidad de regulación, sin interferir

en otros usos del suelo, manteniendo protegida las aguas de agentes externos y sin causar molestias en las proximidades. El tratamiento terciario en humedales consigue alcanzar una buena calidad de los efluentes de la EDAR, adaptándolos a las especificaciones del uso urbano no potable posterior: limpieza

vial, usos en parques y jardines, etc. Las primeras estimaciones de volúmenes permiten fijar la zona del acuífero utilizado en almacenamiento, en un cilindro con un radio aproximado de 80-100 metros y una altura equivalente a la potencia del acuífero en el punto de inyección-extracción.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS



- Andreu, J. y Capilla, J. (1993). El modelo de gestión de cuencas SIMGES. En *Conceptos y métodos para la planificación hidrológica* (Andreu, J., Ed.). CIMNE. Barcelona. pp. 297-321.
- Andreu, J., Capilla, J. y Sanchis, E. (1993). Sistema soporte de decisión basado en ordenador para planificación de sistemas complejos de recursos hídricos. En *Conceptos y métodos para la planificación hidrológica* (Andreu, J., Ed.). CIMNE. Barcelona. pp. 372-391.
- Boletín Oficial del Estado (BOE) (1985). *Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas*. BOE núm. 189, de 8 de agosto. pp. 25123-25135.
- Boletín Oficial del Estado (BOE) (1999): *Orden de 13 de agosto sobre Normativa del Plan Hidrológico de la Cuenca del Júcar*. BOE núm. 205, de 27 de agosto. pp. 31838-31860.
- Boletín Oficial del Estado (BOE) (2001): *Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas*. BOE núm. 176, de 24 de julio. pp. 26791-26817.
- Estevan Estevan, A. y Naredo Pérez, J.M. (2004). *Ideas y propuestas para una nueva política del agua en España*. Bakeaz/Fundación Nueva Cultura del Agua, Bilbao.
- Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas (DGOHCA) y IGME. 1996. *Catálogo de acuíferos con problemas de sobreexplotación o salinización. Proposición del programa estatal de ordenación*. Informe sin publicar.
- DPA. Departamento de Ciclo Hídrico. (2007). *Mapa del Agua. Provincia de Alicante*. Segunda edición, Diputación Provincial de Alicante, Alicante.
- Iglesias López, A. 1984. Diseño de un modelo para el estudio de descargas de acuíferos. Modelo Meda. *Boletín Geológico y Minero*, 95 (1), 52-57.
- IGME-DPA (2000). Caracterización básica de la climatología del Alto Vinalopó (Alicante). En *Posibilidades de almacenamiento de las aguas del trasvase Júcar-Vinalopó en los embalses subterráneos provinciales mediante recarga artificial*. Informe sin publicar.
- IGME-DPA (2000). Estimación de los consumos de agua para usos agrícolas y urbanos en el Alto Vinalopó. En *Posibilidades de almacenamiento de las aguas del trasvase Júcar-Vinalopó en los embalses subterráneos provinciales mediante recarga artificial*. Informe sin publicar.
- IGME-DPA (2002). Simulación de la gestión de los recursos hídricos en el Alto Vinalopó. En *Posibilidades de almacenamiento de las aguas del trasvase Júcar-Vinalopó en los embalses subterráneos provinciales mediante recarga artificial*. Informe sin publicar.
- IGME-DPA (2003-2005). *Aplicación de un modelo matemático para simular la evolución de los recursos hídricos en acuíferos del Alto y Medio Vinalopó (Alicante) ante diferentes alternativas de Gestión. Acuíferos de Peñarubia, Serral-Salinas, Solana y Jumilla-Villena*. Informe sin publicar.
- IGME-DPA (2004). Simulación de la gestión de recursos hídricos en el Medio Vinalopó. En *Posibilidades de almacenamiento de las aguas del trasvase Júcar-Vinalopó en los embalses subterráneos provinciales mediante recarga artificial*. Informe sin publicar.
- Rico Amorós, A.M. (1994). *Sobreexplotación de aguas subterráneas y cambios agrarios en el Alto y Medio Vinalopó (Alicante)*. Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante. Instituto Juan Gil Albert, Alicante.
- Sanchís Moll, E.J. y Morell Evagelista, I. (1983): Corrección del déficit hidráulico de la cuenca del río Vinalopó (prov. Alicante). *III Simposio de Hidrogeología. Hidrogeología y recursos hidráulicos*, tomo IX, Madrid, pp.419-427.

NOTA

La elaboración de la presente síntesis, como queda explicado en el texto, es fruto de una serie de estudios, cada uno de los cuales se alimenta de abundante bibliografía. Por razones de economía de espacio y de facilidad de lectura, en este libro se han reducido las referencias bibliográficas al mínimo necesario para posibilitar al lector la comprensión del texto o el origen a partir del cual obtener referencias más detalladas.

